jenaische zeitschrift fur medicin und naturwissens...

sechster band

Digitized by Google

E. BIBL. RADCL.

Zd. Per. 20

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Jenaische Zeitschrift

für

MEDICIN

und

NATURWISSENSCHAFT

herausgegeben

von der

medicinisch-naturwissenschaftlichen Gesellschaft
zu Jena.

Sechster Band.

Mit fünfzehn Tafeln.

Leipzig,
Verlag von Wilhelm Engelmann.
1871.

Digitized by Google

Digitized by Google

Inhalt.

	Seite
Haeckel, Ernst, Die Catallacten, eine neue Protisten-Gruppe. (Mit Taf. I.)	1
—— Nachträge zur Monographie der Moneren. (Mit Taf. II.)	23
Geuther, A., und Froelich, O., Ueber die flüchtigen Säuren des Crotonöls	45
Müller, Fritz, Bruchstücke zur Naturgeschichte der Bopyriden. (Mit Taf. III und IV.)	53
—— Ueber den Trimorphismus der Pontederien	74
Michaelis, Dr. A., Ueber die Einwirkung von Ammoniak auf Thionylchlorür und Selenylchlorür	79
—— Ueber die Einwirkung von Phosphorchlorür auf Selenigsäureanhydrid und Selenylchlorür.	93
Dohrn, Dr. Anton, Geschichte des Krebsstammes, nach embryologischen, anatomischen und palaeontologischen Quellen.	96
Gegenbaur, Carl, Beiträge zur Kenntniss des Beckens der Vögel. (Mit Taf. V. VI. VII. und 5 Holzschnitten)	157
Geuther, A., Ueber den dreibasischen Essigsäure-Aether.	221
—— Ueber die Chlorsubstitutionsproducte des Chloräthyls	228
Michaelis, Dr. A., Ueber Schwefelsäurechloride	235
—— Ueber die Einwirkung von Phosphorchlorür auf Anhydride und Chloride	239
Geuther, A. und Michaelis, A., Ueber die Quantivalenz des Phosphors und über die Einwirkung von Phosphorchlorür und Brom auf Benzoësäure	242
Strasburger, Dr. Eduard, Die Bestäubung der Gymnospermen. (Mit Taf. VIII)	249
Abbe, E., Ueber die Bestimmung der Lichtstärke optischer Instrumente. (Mit 6 Holzschnitten)	263
Michaelis, Dr. A., Ueber Schwefelsäurechloride	292
—— Ueber die Einwirkung von Phosphorbromchlorid auf Schwefligsäure-Anhydrit	296
Erk, Dr. Carl, Ueber die Ceritmetalle	299

Digitized by Google

Seite

Müller, Wilhelm, Beobachtungen des pathologischen Instituts zu Jena. Erste Reihe. (Mit Taf. IX, X, XI u. XII) 327

Gegenbaur, Carl, Ueber die Kopfnerven von Hexanchus und ihr Verhältniss zur „Wirbeltheorie" des Schädels. (Mit Taf. XIII) 497

Geuther, A., Ueber die Aethyldiacetsäure und einige Abkömmlinge derselben 560

Dohrn, Dr. Anton, Untersuchungen über Bau und Entwickelung der Arthropoden. (Mit Taf. XIV u. XV) 580

Haeckel, Ernst, Ueber die sexuelle Fortpflanzung und das natürliche System der Schwämme 642

Kleinere Mittheilungen.

Stapf, Dr. E., Eine gute Methode zur Darstellung des dreibasischen Ameisensäureäthers 325

Müller, W., An die Redaction der Jenaischen Zeitschrift etc. 652

Digitized by Google

Die Catallacten,

eine neue Protisten-Gruppe,

von

Ernst Haeckel.

(Hierzu Taf. I.)

1. Entwickelungszustände von Magosphaera planula.

Die Entwickelungsgeschichte, der »wahre Lichtträger für alle Untersuchungen über organische Körper«, lässt uns ihren unschätzbaren Werth nirgends lebhafter empfinden, als bei den wenig bekannten niedersten Organisations-Formen, über deren wahre Stellung im System uns die Anatomie allein keinen Aufschluss zu geben vermag. Nirgends so wie hier tritt uns die Wahrheit entgegen, dass alle Systematik ohne die Leuchte der Entwickelungsgeschichte ein unsicheres Tappen im Dunkeln ist. Nur indem wir die ganze Formenreihe überschauen, welche der Organismus während seiner individuellen Existenz durchläuft, vermögen wir über seine Verwandtschafts-Verhältnisse und seine »Stellung in der Natur« Klarheit und Gewissheit zu gewinnen. Einen neuen Beleg für die Richtigkeit dieses Grundsatzes liefert der nachstehend beschriebene Organismus, welcher eine neue selbstständige Gruppe in dem neutralen, zwischen Thier- und Pflanzen-Reich in der Mitte stehenden Protistenreiche zu vertreten scheint. Isolirt für sich betrachtet würde man die verschiedenen Formzustände desselben bald als einzellige Alge, bald als Volvocine, bald als bewimpertes Infusorium, bald als Amoebe angesprochen haben. Im Zusammenhange der Entwickelungsgeschichte dagegen zeigen sich alle diese verschiedenen Formen als Glieder einer Kette, welche aufs Neue den innigen und nahen verwandtschaftlichen Zusammenhang jener niedersten Organismen-Gruppen bestätigt.

Digitized by Google

Ich beobachtete diese neue Protisten-Form, welche ich **Magosphaera planula** nennen will, im September des letzten Jahres auf der norwegischen Insel Gisoe, einige Meilen südwestlich von Bergen gelegen, wo ich mich behufs Untersuchung lebender Kalkschwämme einige Zeit aufhielt. Auf der Ostseite der Insel Gisoe liegt eine kleine Bucht, in welcher eine grosse Menge Cladophora wächst (C. rupestris oder eine verwandte Art). Die dichten dunkelgrünen Büsche dieser Conferve sind stellenweis dicht mit kleinen Kalkschwämmen bedeckt, welche verschiedenen Gattungsformen angehören (Olynthus, Leucosolenia, Sycarium, Sycum etc.). Man findet dieselben in zahlreichen verschiedenen Entwickelungszuständen, von sehr kleinen, mikroskopischen Formen an aufwärts. Als ich nun diese letzteren untersuchte und dabei viele verschiedene Cladophoren bei schwacher Vergrösserung durchmusterte, fielen mir an einzelnen Individuen dieser letzteren kleine kugelige Zellen (von 0,07 Mm. Durchmesser) auf, welche hier und da an den Confervenfäden seitlich aufsassen, gewöhnlich einzeln, seltener zwei, drei oder mehrere neben einander, jedoch niemals mit einander verbunden. Die Zellen waren von blass gelblicher Färbung, von einer dicken Hülle umschlossen, zeigten mitten in ihrem durchsichtigen Protoplasma einen grossen kugeligen Kern mit Kernkörperchen, und boten ganz das Aussehen von gewöhnlichen thierischen Eiern dar (Fig. 1). Dass dieselben wirklich Eier seien, schien zunächst durch die weitere Untersuchung bestätigt zu werden. Denn bald fanden sich zwischen den einzelligen Kugeln andere kugelige Kapseln, welche 2, 4, 8 oder zahlreichere, kleine kugelige Zellen enthielten (Fig. 2 — 6). Um die weitere Entwickelung zu studiren, isolirte ich die Cladophoren in kleinen Aquarien und hatte auch bald das Vergnügen, aus den gesprengten Eikapseln bewimperte zellige Kugeln ausschlüpfen zu sehen, welche oberflächlich den gewöhnlichen Wimperlarven vieler niederen Thiere (Planula) sehr ähnlich sahen (Fig. 7). Doch zeigte sich bei genauerer Untersuchung sogleich, dass dieselben keineswegs solide, aus dicht gedrängten Zellen zusammengesetzte Kugeln seien. Vielmehr bestanden die Kugeln bloss aus einer einzigen Lage von birnförmigen, in der Kugelperipherie gelegenen Wimper-Zellen, die im Centrum der Kugel mit ihren inneren spitzen Enden vereinigt waren (Fig. 8). Dieselben Flimmerkugeln hatte ich auch schon vorher pelagisch mit dem feinen Netze gefischt. Statt dass nun, wie ich erwartete, eine weitere Entwickelung der flimmernden Kugeln zu irgend einer niederen Thier-Larve eintrat, lösten sich dieselben vielmehr alsbald in ihre Bestandtheile auf. Die einzelnen birnförmigen Zellen trennten sich und schwammen mittelst ihres Wimperbesatzes frei und selbstständig umher (Fig. 9—13). Sie

Digitized by Google

konnten in diesem Zustand leicht mit peritrichen Infusorien verwechselt werden. Nach einigen Stunden sanken dieselben in dem mit Seewasser gefüllten Glasschälchen, in dem ich sie beobachtete, zu Boden, zogen ihre Wimperhaare ein, und begannen nach Art der Amoeben formwechselnde Pseudopodien auszustrecken und wieder einzuziehen (Fig. 14—16).

Soweit konnte ich die Entwickelung dieses sonderbaren kleinen Organismus durch directe Beobachtung verfolgen. Ich zweifle aber nicht, dass damit auch wirklich der ganze Entwickelungs-Cyclus der Species vollendet ist. Die zuletzt erwähnte Amoeboiden-Form wird einfach durch Nahrungsaufnahme nach Art der echten Amoeben so lange wachsen, bis sie eine gewisse Grösse erreicht hat. Dann wird sie sich kugelig zusammenziehen, eine Hülle ausschwitzen, und so durch Encystirung in den Ruhezustand übergehen, der einem gewöhnlichen einfachen Ei gleicht (Fig. 1). Allerdings habe ich diese Rückkehr zur Eiform nicht direct beobachtet. Ich kann aber an der Richtigkeit dieser Annahme um so weniger zweifeln, als ich auf denselben Cladophoren auch vielfach freie Amoeben von verschiedener Grösse beobachtete, welche sich ohne Zwang als weiter entwickelte Zustände der aus den bewimperten Zellen entstandenen kleinen Amoeben auffassen lassen (Fig. 17—20). Durch die nachstehende genauere Beschreibung der Magosphaera planula wird sich jene Annahme noch näher begründen lassen. Ich werde bei dieser Beschreibung folgende fünf verschiedene Stadien unterscheiden: 1. das Ei-Stadium (Fig. 1); 2. das Furchungs-Stadium (Fig. 2—6); 3. das Volvocinen-Stadium (Fig. 7, 8); 4. das Peritrichen-Stadium (Fig. 9—13); 5 das Amoeben-Stadium (Fig. 14—20).

2. Magosphaera im einzelligen Ruhezustand.

(Ei-Stadium). Fig. 1.

Der einzellige Ruhezustand der Magosphaera zeigt, wie schon bemerkt, keinerlei Form-Eigenthümlichkeiten, welche denselben von einem gewöhnlichen Thier-Ei unterscheiden liessen. Die kugelige Zelle misst mit ihrer dicken Hülle 0,06—0,08 Mm. im Durchmesser. Die meisten Kugeln zeigten den mittleren Durchmesser von ungefähr 0,07 Mm. Davon kommen $^4/_5$ auf den Durchmesser des kugeligen Protoplasma-Körpers (0,05—0,06 Mm.), dagegen $^1/_{10}$ auf die Dicke der Zellenmembran oder Ei-Kapsel (0,007 Mm.).

Die Zellenmembran (Fig. 1 *m*) oder Dotterhaut, die Kapsel der encystirten Zelle, erscheint scharf und breit doppelt contourirt, fast voll-

kommen structurlos. Doch kann man bei sehr starker Vergrösserung (700) sehr zarte concentrische Kreislinien in derselben wahrnehmen, die offenbar dem schichtenweisen Absatze der ausgeschwitzten Cyste entsprechen. Beim Druck auf das Deckglas äussert dieselbe ziemlich starken Widerstand, und berstet bei steigendem Druck an derjenigen Stelle, an welcher die Kapsel der Oberfläche des Cladophora-Astes angeheftet ist (Fig. 1 *a*). Hier ist nämlich die Kapselwand verdünnt, indem ein kleiner kegelförmiger Fortsatz des Protoplasma eine Strecke weit durch sie hindurchgeht. In einzelnen Fällen (aber nicht immer) reicht derselbe bis zur Membran der Confervenzelle, und bezeichnet hier diejenige Stelle, wo sich der Protoplasma-Leib der Amoebe während der Cysten-Secretion angeheftet erhielt. In chemischer Beziehung zeichnet sich die Kapsel, wie andere ähnliche Zellhäute, durch bedeutende Widerstandskraft gegen starke Lösungsmittel (sowohl Säuren als Alkalien) aus. Durch Jod wird sie schwach gelb, durch Carmin nicht gefärbt. Jod und Schwefelsäure bewirkt keine blaue Färbung. Verdünnte Säuren zeigen keine Einwirkung.

Das Protoplasma (Fig. 1 *p*) der eingekapselten Magosphaera-Zelle, oder der Eidotter, wenn man es so nennen will, ist schwach gelblich gefärbt, übrigens ganz klar und durchsichtig, so dass der in seinem Centrum befindliche Zellenkern (*n*) immer ganz deutlich durchscheint. Nur rings um diesen letzteren sind dunkle stark lichtbrechende Körner in verschiedener Menge und Anordnung angehäuft. In einigen Fällen war ihre Quantität so beträchtlich, dass sie eine dicke dunkle Körnerzone um den Kern bildeten, welche den letzteren fast verhüllte und ungefähr die innere Hälfte der Protoplasmakugel einnahm. In anderen Fällen dagegen bildeten sie nur eine sehr dünne centrale Schicht, welche die Oberfläche des Zellenkerns kaum im Zusammenhang bedeckte. Gewöhnlich, aber nicht immer, strahlten von dieser Körnerschicht eine Anzahl von körnigen Streifen in radialer Richtung durch die Protoplasmakugel hindurch, ohne jedoch deren Oberfläche zu erreichen (*g*). Die Zahl dieser granulösen Radien betrug vielleicht zwischen 20 und 50. Bewegungen der Körnchen habe ich in denselben nicht wahrnehmen können. Die Granula selbst sind sehr klein, von 0,002 bis weit unter 0,001 Mm. hinab. Ihrer starken Lichtbrechung nach scheinen sie Fettkörnchen zu sein; doch habe ich eine genauere chemische Untersuchung versäumt. Wenn man die Kapseln durch Druck sprengt, quillt das Protoplasma mit lappigen Contouren aus der Rissöffnung der Kapsel hervor und lässt dabei eine ziemlich bedeutende Consistenz gewahren. Verfolgt man dann anhaltend die Form der hervorgequollenen Masse, so gelingt es, in einigen Fällen, langsame Veränderungen der lappigen

Digitized by Google

Contouren wahrzunehmen, welche wohl auf amoeboide Contractionen des Protoplasma zurückzuführen sind. Wenn man bei sehr starker Vergrösserung (700—1000) das Protoplasma scharf ins Auge fasst, so glaubt man eine fein granulöse Beschaffenheit desselben wahrzunehmen. Es sieht aus, als ob das scheinbar ganz structurlose Protoplasma aus äusserst feinen, blassen kugeligen Körnern von nahezu gleicher Grösse (unter 0,0005 Mm.) zusammengesetzt sei, und als ob diese kleinen Kügelchen durch eine minimale Quantität einer differenten Zwischensubstanz mit einander verklebt seien. Indessen lassen die chemischen Reactionen, welche die gewöhnlichen Eigenschaften des Protoplasma an der ganzen kugeligen Masse offenbaren, jene granulöse Beschaffenheit nicht schärfer hervortreten. Durch Carmin wird die ganze Protoplasma-Kugel gleichmässig roth gefärbt (heller als der Kern); durch Jod wird sie braungelb, durch Salpetersäure gelb. In verdünnter Essigsäure quillt sie stark auf, ohne sich zu lösen. Concentrirte Mineralsäuren bewirken eine starke körnige Trübung. Concentrirte Alkalien lösen sie vollständig auf.

Der Nucleus der encystirten Magosphaera (Fig. 1 *n*) gleicht ganz dem gewöhnlichen Keimbläschen des Thier-Eies. Er stellt eine klare, structurlose, helle Kugel von 0,02 Mm. Durchmesser dar. Derselbe liegt meistens ganz in der Mitte der kugeligen Zelle, bisweilen jedoch auch excentrisch, und dann gewöhnlich der, der Anheftungsstelle entgegengesetzten Peripherie der Zelle genähert. Gegen Druck zeigt er eine bedeutende Resistenz und lässt die scheinbare Bläschen-Natur nicht überzeugend wahrnehmen. Es gelingt nicht, eine besondere Membran an dem Nucleus zu unterscheiden. Durch verdünnte Essigsäure und ebenso durch verdünnte Mineralsäuren wird ein granulöser Niederschlag in demselben bewirkt und sein Lichtbrechungs-Vermögen verstärkt. In concentrirten Alkalien löst er sich rasch auf. Carmin färbt den Kern dunkelroth, Jod braun, Salpetersäure gelb.

In der Mitte des Nucleus liegt der ebenfalls kugelige Nucleolus (Fig. 1 *c*) von 0,003 Mm. Durchmesser. Er ist stark lichtbrechend und umschliesst ein noch kleineres, dunkles centrales Kügelchen. Der Durchmesser dieses Nucleolinus oder Kernpunktes beträgt etwa ein Drittel von demjenigen des Nucleolus, also ungefähr 0,001 Mm. In chemischer Beziehung scheinen sich Nucleolus und Nucleolinus wenig verschieden von dem Nucleus zu verhalten.

Indem ich den einzelligen Ruhezustand der Magosphaera als Ei und seine nachfolgende Entwickelung als Furchung bezeichne, will ich damit nur die völlige morphologische Uebereinstimmung bezeichnen, welche zwischen demselben und einem gewöhnlichen, der

»Furchung« unterliegenden thierischen Ei besteht. In der That wird Jedermann beim Anblick der in Fig. 1—6 dargestellten Formen glauben, dass hier eine gewöhnliche Eifurchung vorliege. Es muss aber ausdrücklich hervorgehoben werden, dass diese Aehnlichkeit nur scheinbar ist. Denn es fehlt der encystirten Magosphaera-Zelle der eigentliche Charakter des Eies, welcher in dem physiologischen Kriterium der Befruchtungsbedürftigkeit besteht (Gen. Morphol. Vol. II, p. 36). Richtiger würde daher die encystirte Zelle der Magosphaera als Spore zu bezeichnen sein.

3. Magosphaera in der Fortpflanzung.

(Furchungs-Stadium). Fig. 2—6.

Die Ontogenie der encystirten einzelligen Magosphaera liess sich an den zahlreichen, auf Cladophora aufsitzenden Individuen sehr leicht verfolgen, da dieselben verschiedene Stufen der individuellen Entwickelung neben einander zeigten (Fig. 2—6). Der Entwickelungsgang ist ganz derselbe, wie bei der gewöhnlichen totalen Eifurchung. Zunächst zerfällt der Kern der encystirten Zelle (Fig. 1 *n*), durch Selbsttheilung in zwei Kerne, wahrscheinlich erst nachdem bereits die Halbirung des Nucleolus und des Nucleolinus vorausgegangen ist. Doch liess sich dies nicht direct beobachten. Eben so wenig liess sich als Vorspiel der beginnenden Entwickelung ein Verschwinden des ursprünglichen Zellenkerns und die Neubildung des sich theilenden Kernes wahrnehmen. Ich habe schon bei einer anderen Gelegenheit bemerkt, dass dieses angebliche »Verschwinden des Keimbläschens und sein Ersatz durch einen neugebildeten Eikern«, wie es immer noch von vielen Beobachtern der thierischen Ontogenie angenommen wird, jedenfalls genauerer Bestätigung bedürftig ist. In vielen Fällen findet dasselbe entschieden nicht statt, und die Kerne der »Furchungskugeln« sind directe Abkömmlinge des primitiven Kerns der Eizelle. Wenn jener Vorgang aber wirklich in anderen Fällen stattfinden sollte (wie es in der That wahrscheinlich ist), so würde derselbe von grösster phylogenetischer Bedeutung sein, insofern er als »Rückschlag der kernhaltigen Eizelle in das kernlose Cytoden-Stadium eines einfachen Moneres« zu deuten sein dürfte. Der Beginn der Ontogenie würde dann die primitive Phylogenie genau recapituliren, indem das sich entwickelnde Ei zunächst durch den Verlust seines Kernes auf die Urform des autogonen Moneres, auf den Anfang der organischen »Schöpfung« zurückginge.

Die Dotterhaut oder Zellenmembran, von welcher die encystirte Magosphaera-Zelle umschlossen ist, bleibt sowohl von der ersten Hal-

birung derselben, als von allen folgenden Theilungs-Processen ganz unberührt. Während der beginnenden ersten Theilung der Dotterkugel muss mit der Contraction zugleich eine Verdichtung der Protoplasma-Substanz einhergehen, in Folge deren klare wässerige Flüssigkeit aus ihr ausgepresst wird und sich in demjenigen Theile der Cysten-Höhle ansammelt, welcher nicht von den beiden ersten »Furchungskugeln« eingenommen wird. Diese beiden letzteren (Fig. 2) haben einen Durchmesser von ungefähr 0,04 Mm. Ihr Protoplasma ist eben so klar und durchsichtig, wie das der primitiven Eizelle. Die dunkeln Körnchen, welche den Kern der letzteren in einer Schicht umhüllten, haben sich bei dessen Theilung ebenfalls in zwei Gruppen getrennt, und umschliessen nun wiederum in einer dünnen Schicht die Kerne der beiden ersten Furchungszellen, in radialen Reihen von der Oberfläche der Kerne in das Protoplasma hinein ausstrahlend. Die excentrischen Kerne der beiden Zellen, welche 0,013 Mm. Durchmesser besitzen, entfernen sich nach deren erfolgter Trennung, gleichsam als ob sie sich abstiessen, weit von einander, so dass sie an entgegengesetzte Seiten der Zellenperipherie zu liegen kommen.

Die eben geschilderten Verhältnisse, welche bei dem Zerfall der primitiven Magosphaera-Zelle in die beiden ersten Tochterzellen oder Furchungskugeln zu beobachten sind, wiederholen sich nun bei jeder folgenden Theilung dieser letzteren. Immer geht, wie gewöhnlich, die Theilung des Kerns der Theilung der Zelle vorher, und ebenso geht wahrscheinlich stets der Halbirung des Nucleus diejenige des Nucleolus, und dieser letzteren wiederum die Theilung des Nucleolinus voraus. So zerfällt nun, ganz wie bei der gewöhnlichen regulären und totalen Furchung, jede der beiden ersten Furchungskugeln (Fig. 2) wiederum in zwei Tochterzellen (Fig. 3). Diese vier Kugeln haben einen Durchmesser von ungefähr 0,034 Mm., ihre Kerne von 0,01 Mm. Aus den vier Furchungskugeln werden acht (Fig. 4). In der Lagerung lassen diese letzteren keine bestimmte Regelmässigkeit erkennen. Der Durchmesser jeder der acht Zellen beträgt 0,025 Mm., derjenige ihrer Kerne 0,008 Mm. Aus den acht Zellen werden weiterhin sechzehn (Fig. 5). Jetzt beträgt der Durchmesser jeder Furchungskugel 0,022 Mm., derjenige ihres Kerns 0,007 Mm. Auch diese Zellen haben noch ganz die primitive Kugelform beibehalten und die dunkeln Körnchen strahlen noch von der den Nucleus umgebenden Schicht in das klare Protoplasma hinein. Erst bei der nun folgenden fünften Furchung, durch welche die sechzehn Furchungskugeln in zweiunddreissig zerfallen, geht die bisher erhaltene Kugelform derselben verloren, indem ihr Volum sich nicht in dem bisher eingehaltenen Maasse vermindert. Vielmehr beginnen die kugeligen

Zellen nun, sich durch gegenseitigen Druck polygonal abzuplatten (Fig. 6). Ihr Durchmesser beträgt im Mittel ungefähr 0,02 Mm. und sinkt nicht unter 0,018 Mm. hinab. Der Durchmesser der Kerne verringert sich nur sehr wenig, und geht nicht unter 0,006 Mm. hinunter. Hieraus geht hervor, dass in diesem Stadium die dichter sich zusammendrängenden und verhältnissmässig grösseren Zellen wiederum eine gewisse Quantität von der vorher ausgepressten intercellularen Flüssigkeit in ihren Protoplasma-Leib aufsaugen müssen.

Mit dem fünften Furchungsstadium, durch welches die Magosphaera in 32 Tochterzellen zerfällt, ist der Theilungsprocess derselben vollendet. Bei der grossen Regelmässigkeit, mit welcher derselbe erfolgt und bei der Klarheit, mit welcher er sich übersehen lässt, ist es vielleicht nicht ohne Interesse, die Progression, in welcher mit fortschreitender Theilung die Grösse der Zellen und ihrer Kerne abnimmt, durch die nachstehende Tabelle zu veranschaulichen:

Stadium der Furchung.	Zahl der Furchungszellen.	Durchmesser der Zellen.	Durchmesser der Kerne.
Ungetheilt	Einfache Zelle	0,060	0,020
I. Furchung	Zwei Zellen	0,040	0,013
II. Furchung	Vier Zellen	0,034	0,010
III. Furchung	Acht Zellen	0,025	0,008
IV. Furchung	16 Zellen	0,022	0,007
V. Furchung	32 Zellen	0,020	0,006

Nach vollendeter Furchung verlieren die 32 Zellen, wie schon bemerkt, ihre reguläre Kugelgestalt. Sie quellen etwas auf, platten sich durch gegenseitigen Druck unregelmässig polyedrisch ab, und beginnen zugleich, noch innerhalb der Cystenhülle, amoeboide Bewegungen auszuführen. Die bisher glatte Oberfläche der Furchungskugeln wird uneben und höckerig. An einzelnen Stellen treten Gruppen von kleinen, stumpfen, unregelmässigen Höckern auf, ähnlich den Pseudopodien, welche sich bei Amoeben zu bilden beginnen. (Fig. 6.) Oft entstehen kleine grubenartige Vertiefungen, welche rings von einem Kranze solcher Höckerchen umgeben sind. Langsam verändern dieselben ihre Form und Grösse, werden nach einiger Zeit wieder eingezogen, und in ihrer Nachbarschaft, oder an einer anderen Stelle der Oberfläche treten neue Pseudopodien auf. Der kugelige Haufen von dicht zusammengedrängten amoeboiden Zellen sieht jetzt sehr ähnlich dem gefurchten Ei einer Siphonophore. In der That zeigen die Furchungskugeln dieser Hydromedusen, wie ich bei Physophora, Crystallodes und Athorybia nachgewiesen habe, amoebenartige Bewegungen und Formveränderun-

Digitized by Google

gen, welche denen unserer Magosphaera sehr ähnlich sind [1]). Nur sind die wechselnden, fingerförmigen Fortsätze der Zellenoberfläche, welche man wie bei den Amoeben wirklich als Pseudopodien bezeichnen kann, bei Magosphaera zahlreicher und länger. Auch sind die Bewegungen hier schneller und auffallender, als ich sie — soweit ich mich dessen erinnern kann — bei den Siphonophoren gesehen habe.

Nachdem das wechselnde Spiel der Pseudopodien einige Zeit gedauert hat (womit auch Ortsveränderungen der Zellen innerhalb der Cyste verbunden sind) werden die stumpfen, kurzen und dicken Fortsätze allmählich spitzer, länger und dünner. Ihre Bewegungen werden lebhafter. Einzelne, fast fadenförmig gewordene Pseudopodien beginnen sich schlängelnd zu krümmen und hin und her zu schwingen. Die amoeboiden Pseudopodien gehen in flimmernde Cilien über. Aus der amoebenartigen Zelle wird eine echte Wimperzelle. Ich habe schon in den »Beiträgen zur Plastidentheorie« diesen Uebergang von Pseudopodien in Cilien und die daraus sich ergebende Identität der amoeboiden Protoplasma-Bewegung und der Flimmerbewegung hinreichend erörtert. Die Cilien der Wimperzellen (das Epithelium ciliatum) und ebenso die einzelnen Geisselfäden der Flagellaten (und des Epithelium flagellatum) sind nichts Anderes, als amoeboide Pseudopodien, die sich von der gewöhnlichen Form dieser letzteren durch längere und dünnere Gestalt, sowie durch grössere Schnelligkeit und Regelmässigkeit der Bewegung auszeichnen. Bei den Kalkschwämmen habe ich, wie dort bemerkt (bei Leucosolenia und Olynthus) sogar an den noch zusammenhängenden Flimmerepithelien die Flimmerbewegung wieder in amoeboide Bewegung sich zurück verwandeln gesehen. Der regelmässige und schnelle Rhythmus, den wir an dem Flimmerepithel der Wirbelthiere und überhaupt der höheren Thiere gewohnt sind, verliert sich allmählich bei niederen Organismen, und lässt hier oft alle Uebergänge zu der gewöhnlich viel trägeren und unregelmässigeren Bewegung der Pseudopodien amoeboider Zellen wahrnehmen. Die Flimmerbewegung (sowohl die Geisselbewegung der flagellaten Plastiden, als die Wimperbewegung der ciliaten Plastiden) ist demnach nur als eine modificirte und höher differenzirte amoeboide Protoplasma-Bewegung anzusehen. Bei den Wimperzellen der Magosphaera lässt sich dies eben so deutlich nachweisen, wie bei den Geisselzellen der Kalkschwämme.

Der kugelige Zellenhaufen der Magosphaera, dessen Oberfläche sich

---

[1]) Haeckel, Entwickelungsgeschichte der Siphonophoren. Utrecht 1869. Taf. VI, Fig. 36. Taf. XIV, Fig. 93.

auf diese Weise mit Cilien bedeckt hat, beginnt mittelst derselben schon innerhalb seiner Cyste oder Eihülle langsam zu rotiren. Dann wird diese letztere durchbrochen, vielleicht in Folge dieser Bewegung selbst, und die bewimperte Kugel schwimmt nun mittelst ihres Cilien-Kleides langsam im Wasser umher. Der Durchbruch der Cyste wurde nicht direct beobachtet. Vielmehr fand ich einzelne frei umher schwimmende, mit Cilien bedeckte Kugeln nach einigen Stunden in dem Glasschälchen mit Seewasser, in welches ich Cladophora-Aeste mit ansitzenden gefurchten Magosphaera-Eiern hinein gelegt hatte. Aber schon vorher hatte ich dieselben bewimperten Zellenkugeln einzeln in dem pelagischen Mulder gefunden, den ich mit dem feinen Netze von der glatten Meeresoberfläche bei Gisoe (in dem Canal zwischen dieser und der östlich gegenüberliegenden Insel) geschöpft hatte. Sie wälzten sich hier langsam zwischen den zahllosen Peridinien und Diatomeen umher, welche neben vielen Nauplius- und Zoëa-Krebsen die Hauptmasse des pelagischen Mulders bildeten.

4. Magosphaera als vielzellige Wimperkugel.

(Volvocinen-Stadium). Fig. 7, 8.

Die bewimperten vielzelligen Kugeln, welche ich zuerst im pelagischen Mulder auffand, ohne von ihrem Zusammenhang mit den eben beschriebenen encystirten Formen zu wissen, hielt ich anfänglich für coloniebildende Flagellaten aus der Volvocinen-Gruppe. In der That steht die von Ehrenberg als Synura beschriebene Volvocine der Magosphaera in diesem Zustande so nahe, dass man beide Genera ohne Weiteres vereinigen könnte, wenn ihre Entwickelung übereinstimmte. Ehrenberg giebt von Synura in dem grossen Infusorien-Werke folgende Charakteristik: »Animal e familia Volvocinorum, ocello destitutum, cauda filiformi, loricae fundo seu in polypariis centro affixum« (l. c. p. 460). Von der einzigen beobachteten Art (Synura uvella) giebt er folgende Diagnose: »S. corpusculis oblongis flavicantibus, e lorica exserendis, cauda extensa corpore triplo longiore; polypariis moriformibus« Dann wird noch hinzugefügt: »Der gemeinsame Panzer der Gesellschaftsform bildet eine Gallertkugel, welche so viel offene Zellen hat, als Einzelthiere da sind. Aus diesen Zellen können die Thierchen sich lang hervorstrecken, indem sie mit einem sehr feinen, schwanzartigen, dehnbaren Anhange im Centrum der Kugel, oder dem Grunde ihrer Zelle angeheftet bleiben, geradeso wie Floscularia oder Conochilus u. s. w. der Räderthiere. Als Bewegungsorgan glaubte ich mehrere Wimpern am Munde der Einzelthierchen

Digitized by Google

direct zu erkennen; doch vermuthete ich diese Wirkung von einem einfachen Rüssel. Von Ernährungsorganen wurde nichts unterschieden. Die gelbliche Farbe habe ich dem Eierstock (Nucleus?) zugeschrieben, welcher zuweilen, wie bei Syncrypta, zweitheilig erschien. Andere Organe wurden nicht klar, weil die Thierchen sehr durchsichtig waren [1]).«

Im Ganzen passt diese Beschreibung (abgesehen von der unrichtigen Deutung der Theile) ganz gut auf unsere Magosphaera. Auch die Grösse der Flimmerkugeln, welche Ehrenberg auf $^{1}/_{24}$ — $^{1}/_{16}'''$ Durchmesser angiebt, stimmt ziemlich. Der Durchmesser der freischwimmenden Magosphärakugeln beträgt im Mittel 0,07 Mm. (ungefähr = $^{1}/_{30}'''$). Dagegen sind die einzelnen Zellen der letzteren beinahe doppelt so gross. Die ganze Länge der Zellen von Magosphaera, wie sie in der Kugel vereinigt sind, beträgt 0,035 Mm., wovon nur 0,005 Mm. auf den »Schwanz«, 0,03 Mm. auf den eigentlichen »Leib« kommen. Bei Ehrenberg's Synura uvella dagegen ist der Leib nur halb so lang ($^{1}/_{144}'''$ ungefähr = 0,015 Mm.); der Schwanz aber ist drei Mal so lang als der Leib. Auch ist die Zahl der zu einer Kugel vereinigten Zellen viel grösser, und Ehrenberg sagt ausdrücklich: »Es gab kleinere und grössere, aus vielen Individuen bestehende Kugeln, und letztere waren offenbar aus ersteren so entstanden, dass die kleinen Einzelthiere sich durch Längstheilung vermehrt hatten, ohne den äusseren Mantel mitzutheilen, was dem Charakter der Volvocinen gemäss ist.« Von einer solchen Theilung konnte ich bei Magosphaera Nichts wahrnehmen. Indessen mag es wohl sein, dass sie auch bei dieser letzteren vorkommt. Uebrigens wird man über die generische Identität von Synura und Magosphaera so lange nichts Sicheres aussagen können, als nicht die erstere genauer untersucht und namentlich ihre Ontogenie bekannt ist. Uebrigens scheint die im Süsswasser lebende Synura uvella (bisher der einzige Repräsentant der Gattung) selten zu sein. Ehrenberg hat sie nur zweimal (im October 1831 und im Mai 1832) beobachtet »in vielen Exemplaren in einem Graben des Thiergartens bei Berlin«. Ich habe selbst ein einziges Mal früher (1858) dieselbe oder eine ähnliche Volvocine bei Berlin gefunden, ohne sie jedoch genauer zu untersuchen.

Die wenigen Exemplare von frei schwimmenden Wimperkugeln, welche ich bei Bergen pelagisch fischte, schienen alle aus 32 Zellen zusammengesetzt zu sein, ebenso die später beobachteten, welche sich aus der encystirten Form entwickelt hatten. Jedoch will ich nicht bestimmt behaupten, dass diese Zahl ganz constant ist. Einige kleinere

1) Ehrenberg, Die Infusionsthierchen als vollkommene Organismen. 1838. p. 60. Taf. III, Fig. IX.

Digitized by Google

Kugeln schienen kaum 30, einige grössere vielleicht gegen 40 oder noch mehr Zellen zu enthalten. Man würde dann, um diese Anomalie zu erklären, Unregelmässigkeiten im Furchungsprocess annehmen müssen, wie sie allerdings auch sonst vorkommen. Indessen ist es auch möglich, dass die individuellen Grössen-Differenzen der Flimmerkugeln durch Verschiedenheiten nicht in der Zahl, sondern in der Grösse der sie zusammensetzenden Zellen bedingt sind. Der Durchmesser der Flimmerkugeln wechselte zwischen 0,06 und 0,09 Mm. Die meisten halten 0,07 Mm. Durchmesser, eben so viel, wie das ungefurchte Ei sammt Hülle, oder etwas mehr. Dies erklärt sich daraus, dass die Zellen, unmittelbar nachdem sie die Cystenhülle gesprengt hatten, sich in der Weise dehnten und radial gegen das gemeinsame Centrum stellten, dass die in Fig. 7 und 8 dargestellte bleibende Anordnung derselben die Folge war.

Wenn man den Focus des Mikroskops auf das Centrum der freien Wimperkugeln einstellt, so gewinnt man bei starker Vergrösserung (700) das in Fig. 8 dargestellte Bild des scheinbaren Querschnitts durch eine Meridian-Ebene der Kugel. Die Einstellung des Focus auf die Oberfläche der Kugel dagegen liefert das in Fig. 7 wiedergegebene Bild. Hieraus ergiebt sich, dass sich die 32 Zellen nach vollendeter Furchung in der Weise verändert und radial angeordnet haben, dass sie alle im Centrum der Kugel mit einer verlängerten Spitze zusammenstossen. Die rundlich polyedrische Gestalt der Zellen hat sich in eine regelmässige Birnform umgewandelt. Gegen das Centrum verdünnt sich jede Zelle in einen sehr feinen Stiel (»Schwanz« von Ehrenberg), durch welchen sie mit den übrigen Zellen im Mittelpunkt der Kugel zusammenstösst. Das entgegengesetzte peripherische Ende der Birne ist abgerundet, und auf der abgestutzten Endfläche, welche der Peripherie der Kugel entspricht, mit Cilien besetzt (*d*). Die Zahl dieser Wimpern (*w*) scheint an jeder Zelle durchschnittlich zwischen zehn und zwanzig zu betragen. Doch ist es schwer ihre Anzahl genau zu bestimmen, ebenso wie ihre Anordnung. Sie scheinen auf dem Rande der abgestutzten Zellenfläche, welche wir als Wimperscheibe (*d*) bezeichnen wollen, im Kreise zu sitzen; doch schien es bisweilen, als ob der Kreis nicht geschlossen sei, sondern an einer Stelle in der Weise unterbrochen, dass das eine Ende des Wimperkreises spiralig über das andere übergreift (ähnlich wie an dem Peristom der Vorticellinen und Stentorinen). Die Cilien (*w*) sind ungefähr 0,01—0,02 Mm. im Mittel lang, an der Basis merklich dicker, als an der sehr feinen Spitze, und schwingen in der Weise, dass die schwimmende Wimperkugel sich im Wasser rotirend ohne bestimmte Richtung fortwälzt. Die Wimpern scheinen nicht unmittelbare Fort-

Digitized by Google

sätze der hyalinen Wimper-Scheibe zu sein, sondern diese durchbohrend sich in das innere Protoplasma der Zelle fortzusetzen. Wenigstens ist, wenn man bei sehr starker Vergrösserung eine Zelle im Profil betrachtet, unterhalb jeder Cilie in dem hyalinen Endsaum (im Profil der Wimperscheibe) ein feiner Strich sichtbar, welcher die unmittelbare Fortsetzung der Wimperbasis nach innen zu sein scheint (Fig. 8—10).

Die Zellen der Wimperkugeln hängen übrigens nicht bloss in dem Centrum durch ihren Stiel oder »Schwanz« (s) zusammen, sondern berühren sich auch ausserdem mit dem dicksten Theile ihres Leibes und platten sich daselbst durch gegenseitigen Druck etwas polyedrisch ab (Fig. 8). Die übrigen Zwischenräume zwischen den Zellen, und zwar sowohl zwischen den inneren zugespitzten Enden, als auch zwischen ihren divergirenden peripherischen Endstücken sind mit sehr wasserreicher structurloser Gallertmasse (einem Secret der Zellen) ausgefüllt, ähnlich wie bei den Volvocinen. Die Zellen sind also eigentlich in diese Gallerte (den »Panzer« von Ehrenberg) ganz eingebettet, mit Ausnahme der wimpernden Scheibenfläche. Eine Membran besitzen die Zellen dagegen nicht.

Der nackte, structurlose Protoplasmaleib der Zellen, welcher so in der Gallerthülle verborgen ist, zeigt constant drei verschiedene Inhaltstheile, nämlich einen Zellenkern, eine Vacuole und eine Anzahl von Körnchen, welche den Kern umgeben. Der Kern der Zelle (Fig. 8*n*) verhält sich noch ganz ebenso, wie bei den jüngsten Furchungskugeln. Er erscheint als eine helle structurlose Kugel von 0,006—0,007 Mm. Durchmesser. Central oder excentrisch ist darin ein stark lichtbrechender Nucleolus von ungefähr 0,0015 Mm. sichtbar. Der Kern liegt immer entweder in der Mitte der birnförmigen Zelle, oder mehr der Wimperscheibe genähert. Er ist umgeben von einem Haufen dunkler Körnchen (*g*), welche sich nach der hyalinen Peripherie des Protoplasma hin verlieren. Diese Granula, welche zum Theil wenigstens Fett zu sein scheinen, sind Theile der Körnerstrahlen, welche wir anfänglich an der encystirten Zelle beschrieben haben (Fig. 1 *g*). Eine radiale Anordnung ist aber jetzt an den birnförmigen Zellen nicht mehr sichtbar. Eingedrungene fremde Körperchen habe ich an den Zellen der Wimperkugeln nicht wahrnehmen können, und ebenso wurden von denselben auch bei Versuchen mit Carmin- oder Indigo-Fütterung keine Farbstoffkörnchen aufgenommen.

Unterhalb des Zellenkerns, gegen den zugespitzten Stiel der Zelle hin, liegt die Vacuole (*v*). Wir könnten sie eben so gut als contractile Blase bezeichnen. Denn man vermag, wenn man alle verschiedenen Verhältnisse dieser Organe bei den verschiedenen Protisten

überblickt, zwischen beiden keine scharfe Grenze zu ziehen. Nach meiner Ansicht sind die contractilen Blasen der Infusorien, Amoeben und anderer Protisten weiter Nichts als differenzirte oder constant gewordene Vacuolen. Denn eine selbstständige contractile Wand, eine eigentliche Membran der Blase, fehlt den ersteren ebensowohl wie den letzteren. Die Contractionen erfolgen einfach durch Zusammenziehung des contractilen Protoplasma, in dessen Hohlräumen sich Flüssigkeit angesammelt hat und von Zeit zu Zeit wieder ausgepresst wird. Der Unterschied zwischen den »wandungslosen Vacuolen« und den »contractilen Blasen« liegt also eigentlich nur darin, dass die letzteren constanter sind und sich regelmässiger zusammenziehen, als die ersteren. Demnach wäre die Vacuole, welche man in jeder Zelle unserer Wimperkugel wahrnimmt, eigentlich als contractile Blase aufzufassen. Denn sie ist ganz constant und pulsirt ziemlich regelmässig, wenn auch nur sehr langsam. Im Zustande der Systole erscheint sie verschwunden, in der höchsten Diastole dagegen bildet sie eine helle, blasse Kugel mit scharfem Contour, welche um $\frac{1}{3}$ grösser als der Kern werden kann. Niemals sah ich in jeder Zelle mehr als eine contractile Blase. Dieselbe bildet sich erst, nachdem die Flimmerkugel die Cyste gesprengt und verlassen hat.

5. Magosphaera als einfache Wimperzelle.

(Peritrichen-Stadium). Fig. 9—13.

Nachdem die Magosphaera einige Zeit als einzellige Flimmerkugel frei im Meere umhergeschwärmt ist, beginnt sie sich in ihre constituirenden Elemente aufzulösen. Die einzelnen Wimperzellen trennen sich aus ihrem centralen Zusammenhang und verlassen die Gallertmasse, durch welche sie zusammengehalten wurden. Sie schwimmen jetzt selbstständig in Form isolirter Wimperzellen umher, welche man ohne Weiteres sowohl mit gewissen Formen von peritrichen ciliaten Infusorien, als mit isolirten Wimper-Epithelialzellen höherer Thiere verwechseln könnte (Fig. 9—13).

Wie lange Zeit die aus der Cyste geschlüpfte Wimperkugel umherschwimmt, ehe sich ihre Zellen trennen, habe ich nicht ermitteln können. Denn alle Wimperkugeln, welche aus den Cysten selbst innerhalb der kleinen Aquarien ausgetreten waren, starben entweder schon nach einigen Stunden ab, oder sie verloren sich, ohne dass ich sie wiederfinden konnte. Nur an zwei Flimmerkugeln habe ich die Auflösung in die einzelnen Zellen wahrgenommen. Diese beiden Exemplare gehörten zu denjenigen, welche ich mit dem feinen Netze pelagisch

Digitized by Google

gefischt, alsbald nach dem Fang aus dem pelagischen Mulder isolirt und in ein Glasschälchen mit Seewasser gebracht hatte. Dies geschah um 8 Uhr Morgens. Schon innerhalb einer halben Stunde nach geschehener Isolation hatten sich beide Kugeln in die einzelnen Zellen aufgelöst. Als ich die feuchte Kammer um $8^1/_2$ Uhr wieder unter das Mikroskop brachte, fand ich statt der Flimmerkugeln ihre einzelnen getrennten Zellen vor. Dieselben schwammen mittelst ihrer Wimpern mehrere Stunden lebhaft im Wasser umher. Um 11 Uhr beobachtete ich sie zum letzten Mal. Als ich Nachmittags um 3 Uhr wieder nachsah, waren die Wimperzellen verschwunden und an ihrer Stelle krochen auf dem Boden der feuchten Kammer amoeboide Zellen umher (Fig. 14—16).

So lange die Wimperzellen noch mit einander zu der Flimmerkugel vereinigt waren, konnte ich keine Formveränderungen an denselben wahrnehmen. Diese traten aber sehr deutlich an den isolirten Zellen auf (Fig. 9—13). Es zeigte sich, dass die Zellen in hohem Maasse contractil waren, und ihre Gesammtform durch Dehnung und Krümmung, Streckung und Zusammenziehung vielfach verändern konnten, gleich einem »metabolischen« Infusorium. Am wenigsten veränderlich zeigte sich die Wimperscheibe (*d*), am meisten das entgegengesetzte zugespitzte Ende oder der »Schwanz« (*s*). Dieser wurde bald mehrmals langsam gekrümmt oder geschlängelt (Fig. 9—11), und verlängerte sich dabei so, dass er den übrigen Körper an Länge übertraf; bald verkürzte er sich wieder stark (Fig. 12) oder wurde ganz eingezogen (Fig. 13). Im letzteren Falle rundete sich die Zelle fast kugelig ab. Anderemale dagegen wurde sie sehr schlank, fast spindelförmig (Fig. 10). Dabei veränderte sich auch die Dicke der Wimperscheibe sehr auffallend. Die Schwimmbewegung der Zelle schien ohne Mitwirkung des geisselartigen Schwanzes bloss durch die Cilien (*w*) vermittelt zu werden. Die Wimperscheibe ging dabei voran und der Schwanz wurde nachgeschleppt.

Im Uebrigen zeigten sich die isolirten Wimperzellen nicht wesentlich verändert. Wie bei den noch in Zusammenhang stehenden Zellen der Kugel, lag der Kern (*n*) näher der Wimperscheibe, die contractile Blase dagegen (*v*) näher dem Schwanze. Die Pulsationen der letzteren schienen an den isolirten Zellen schneller und regelmässiger zu erfolgen, als an den noch zusammenhängenden Zellen. Der einzige wesentliche Unterschied, den ich auffinden konnte, bestand darin, dass die isolirten Zellen Carmin-Körnchen aufnahmen, was die zusammenhängenden nicht gethan hatten. Die Aufnahme der Farbestoffkörner erfolgte mittelst der Wimperscheibe. Einzelne kleine Körnchen, welche in den Strudel

Digitized by Google

des Wimperkranzes hinein gezogen wurden, glitten an den Wimpern hinab bis zu deren Basis und drangen hier durch die hyaline Scheibe hindurch in das Protoplasma hinein, ohne dass die Art und Weise der Aufnahme klar ersichtlich wurde. Im Innern der Zelle sammelten sich die Farbstoffkörnchen rings um den Nucleus an. Eine constante, einem Munde vergleichbare Oeffnung war an der Wimperscheibe nicht wahrzunehmen. Durch andere Stellen der Körperoberfläche schienen keine festen Körperchen aufgenommen zu werden.

6. Magosphaera als amoeboide Zelle.

(Amoeben-Stadium. Fig. 14—20.

Wie schon vorher bemerkt wurde, gingen die isolirten Wimperzellen bereits nach kurzer Zeit (nach höchstens vier Stunden) in die Form von amoeboiden Zellen über, die an sich von echten Amoeben nicht zu unterscheiden waren (Fig. 14 — 16). Den Uebergang selbst konnte ich aber nicht unmittelbar beobachten. In der kleinen feuchten Kammer, in welcher erst bloss die isolirten Wimperzellen sich umhertummelten, fand ich nachher nur die kriechenden Amoeben.

Diese Amoeben erschienen, gleich allen anderen echten Amoeben, als einfache, nackte, kernhaltige Zellen. Ihr Durchmesser betrug 0,03 — 0,05 Mm. Unter den bekannten Amoebenformen zeigten sie die meiste Aehnlichkeit mit Auerbach's A. actinophora und A. bilimbosa[1]). Insbesondere glichen sie diesen durch die auffallend spitzen und dünnen, konischen Pseudopodien, welche bald einzeln, bald büschelweise vereinigt aus dem nackten Zellenkörper hervorquollen. Dabei zeigten sie aber die Eigenthümlichkeit, dass sich einzelne Pseudopodien bisweilen in einen langen, sehr dünnen fadenförmigen Fortsatz auszogen, der sich nach Art einer Flagellaten-Geissel, jedoch nur sehr langsam, schlängelte, oder schwingend hin und her bewegte. Dieser geisselartige Faden glich sehr dem »Schwanz« der freien Wimperzellen, war aber offenbar nicht dessen Rest, da er an verschiedenen Stellen der Oberfläche hervortrat und wieder verschwand. Aehnliche geisselartige Pseudopodien haben Claparède und Lachmann an der, von ihnen Podostoma filigerum genannten Amoebenform beschrieben[2]).

Der kugelige helle Kern (*n*) und die contractile Blase (*v*) zeigen bei

---

1) L. Auerbach, Ueber die Einzelligkeit der Amoeben. Zeitschr. für wiss. Zool. 1856. VII. Vol. A. actinophora, p. 392, Taf. XX. A. bilimbosa, p. 374, Taf. XIX.

2) Claparède et Lachmann, Études sur les Infusoires et les Rhizopodes. Génève 1858. p. 441; Pl. XXI, Fig. 4—6.

Digitized by Google

unserer Amoebe noch ganz dieselbe Beschaffenheit, wie bei der isolirten Wimperzelle. Nur sind die Pulsationen der Vacuole wieder unregelmässiger und langsamer. Auch wechselt sowohl der Kern als die contractile Blase jetzt öfter ihre Lage, indem sie bei den wechselnden Formen des Sarcode-Körpers und der aus seiner Oberfläche austretenden Pseudopodien vielfach hin und her geschoben werden. Wie bei den isolirten Wimperzellen (und wie auch bei den meisten der gewöhnlichen Amoeben) kann man an dem Protoplasma unserer Amoeben deutlich die innere weichere Körpermasse unterscheiden, welche allein Körnchen enthält, und die hyaline äussere Schicht, in welche gewöhnlich keine Körner eintreten. Doch sind, wie bei jenen, so auch hier beide Schichten keineswegs scharf getrennt. Vielmehr geht die innere, weichere, granulöse Markmasse ohne scharfe Grenze und ganz allmählich in die äussere, festere, hyaline Rindenschicht über. Auch wechselt die Grenzlinie beider Schichten vielfach.

Die Fütterung der Amoeben mit Farbstoffkörnern gelang ebenso wie bei den isolirten Wimperzellen. Die Aufnahme erfolgte aber an den verschiedensten Stellen der Körperoberfläche, ohne Unterschied. Wo ein Carmin-Korn an der klebrigen Oberfläche des Körpers haften blieb, verdünnte sich alsbald die hyaline Rindenschicht oder das Ectosark. Die körnige Markschicht oder das Endosark trat an die Oberfläche heran, und mit einem Ruck wurde das Körnchen in diese hineingezogen. Dabei wurde die Rindenschicht, scheinbar, für einen Moment durchbrochen. Es geht aber auch hieraus wieder hervor, dass diese letztere eben nicht als eine distincte Membran aufzufassen ist, sondern continuirlich in die Markschicht übergeht.

Die weitere Entwickelung der Magosphaera-Amoeben zu verfolgen, gelang mir nicht. Nach einigen Tagen starben dieselben in der feuchten Kammer ab, trotzdem ich ihnen als Nahrung einen Wassertropfen mit kleinen Diatomeen hinein gethan und sie auch einzelne von den letzteren gefressen hatten. Ich kann aber, wie ich schon anfänglich bemerkte, nicht daran zweifeln, dass mit dem Amoeben-Stadium der Entwickelungscyclus unserer Magosphaera abgeschlossen ist. Die Amoeben werden durch Nahrungsaufnahme wachsen, sich nach einiger Zeit einkapseln, und so wieder in das Ei-Stadium zurückkehren, von welchem wir vorher ausgegangen waren (Fig. 1).

Grössere Amoeben, welche den aus den Wimperzellen entstandenen ganz ähnlich waren, und namentlich auch die gleiche charakteristische Form der Pseudopodien-Bildung zeigten, fand ich frei umherkriechend zwischen denselben Cladophora-Büschen, auf deren Aesten die eingekapselten Zellen (Eier) und deren Entwickelungsstadien (Furchungs-

Digitized by Google

zellen) zu finden waren. Vier von diesen auf Cladophora gefundenen Amoeben in verschiedenen Contractions-Zuständen sind in Fig. 17—20 abgebildet. Die Formen der dünnen und spitzen, konischen Pseudopodien, welche in Büscheln vereinigt aus der Oberfläche des Amoeben-Körpers austreten, sind ganz dieselben, wie bei den aus den Wimperzellen entstandenen Amoeben (Fig. 14—16). Doch scheint mit dem Wachsthum der Amoeben eine Vergrösserung des Kerns und eine Vermehrung der Vacuolen einzutreten. Während in Fig. 17 nur eine Vacuole sichtbar ist, zeigt Fig. 18 deren zwei, Fig. 19 dagegen drei, und Fig. 20, die grösste unter allen auf Cladophora beobachteten Amoeben, sogar fünf Vacuolen (*v*). Der Kern dieser letzteren ist sehr gross, und beinahe schon eben so umfangreich, als derjenige der encystirten Zelle (Vergl. Fig. 1 und Fig 20). Ob solche grosse Amoeben auch durch Zusammenfliessen mehrerer kleinerer entstehen können (wie es nach Analogie ähnlicher Fälle leicht denkbar wäre), habe ich nicht ermitteln können. Da der Kern stets einfach ist, müssten die Kerne der verschmolzenen Zellen dann theilweise sich auflösen (oder selbst mit einander verschmelzen?). Die Bewegungen der grossen Amoeben waren übrigens träger als die der kleineren, woran vielleicht auch die reichlichere Nahrungs-Aufnahme Schuld sein mag. In den grösseren Amoeben fanden sich kleine Diatomeen, Chlorophyll-Körner und andere, von aussen aufgenommene Körperchen vor. Einige von den grössten Amoeben, die auf den Cladophoren umherkrochen, waren ganz grün gefärbt in Folge der grossen Mengen von Chlorophyll-Körnern, welche sie aufgenommen hatten. Wahrscheinlich bohren diese Amoeben mit ihren spitzen Pseudopodien die Algen-Zellen der Cladophora an, auf welcher sie leben, und ziehen dann einen Theil von deren Protoplasma und Chlorophyll in sich hinein, ähnlich, wie nach Cienkowski's schöner Entdeckung die Vampyrellen die Algenzellen plündern. Doch habe ich diesen merkwürdigen Vorgang bei der Magosphaera-Amoebe nicht direct beobachtet, sondern erschliesse ihn nur aus dem Umstande, dass die Chlorophyll-Körner der Cladophora an Grösse und Beschaffenheit ganz gleich denjenigen waren, welche den Leib der auf ihr umherkriechenden grossen Amoeben erfüllten [1]).

7. Die systematische Stellung der Magosphaera.

Die systematische Stellung der Magosphaera, deren Entwickelungskreis somit geschlossen vorliegt, giebt Viel zu denken. Die unläugbaren

1) Vergl. Cienkowski, Beiträge zur Kenntniss der Monaden. Arch. für mikr. Anat. 1865. Vol. I. p. 211. Taf. XII, Fig. 44.

Digitized by Google

und sehr nahen Verwandtschafts-Beziehungen zu sehr verschiedenen Protisten-Gruppen machen die Frage nach ihrer Einreihung in eine der bekannten Gruppen sehr schwierig, und vorläufig unlösbar. Als fünf wesentlich verschiedene Formzustände können die eben beschriebenen Entwickelungs-Stadien ohne Zweifel ganz natürlich getrennt werden. In physiologischer Beziehung liessen sich dieselben in folgende zwei Gruppen bringen:

I. Ruhezustand (Vegetative Periode).

1. Einzelliger Ruhezustand (Ei-Stadium).
2. Vielzelliger Ruhezustand (Furchungs-Stadium).

II. Schwärmzustand (Animale Periode).

3. Vielzelliger Schwärmzustand (Volvocinen-Stadium).
4. Einzelliger bewimperter Zustand (Peritrichen-Stadium).
5. Einzelliger amoeboider Zustand (Amoeben-Stadium).

In morphologischer Beziehung dagegen würde man richtiger das Hauptgewicht auf den histologischen Formwerth des Körpers legen, und demnach die fünf Entwickelungsstadien in folgende beide Gruppen vertheilen:

I. Einzelliger Zustand (Individuum I. Ordnung).

1. Einzelliger bewimperter Zustand (Peritrichen-Stadium).
2. Einzelliger amoeboider Zustand (Amoeben-Stadium).
3. Einzelliger Ruhe-Zustand (Ei-Stadium).

II. Vielzelliger Zustand (Individuum II. Ordnung).

4. Vielzelliger Ruhezustand (Furchungs-Stadium).
5. Vielzelliger Schwärmzustand (Volvocinen-Stadium).

Nach den Principien, welche gewöhnlich in der Systematik befolgt werden, würde man den »vollkommensten« Zustand, in welchem der Organismus am meisten differenzirt ist, als denjenigen ansehen, welcher für seine systematische Stellung den Ausschlag giebt. In unserem Falle ist ohne Zweifel, und zwar sowohl in physiologischer als in morphologischer Beziehung, der vielzellige Schwärmzustand oder das Volvocinen-Stadium als der vollkommenste anzusehen, und man würde dem entsprechend unsere Magosphaera in die Classe der Flagellaten, und zwar zu der Gruppe der Volvocinen, zu stellen haben. Anderseits aber ist nicht zu vergessen, dass der Entwickelungsgang unserer Magosphaera von demjenigen der anderen Flagellaten sehr abweicht. Allerdings ist auch bei einzelnen Flagellaten ein Uebergang in ein amoeboides

Digitized by Google

Stadium beobachtet worden (so z. B. von Clark). Allein in anderen Fällen fehlt dieses ganz sicher.

Das Amoeben-Stadium der Magosphaera beweist wiederum aufs Neue, welche Vorsicht bei der Beurtheilung jeder »Amoebe« anzuwenden ist. Die Beschreibungen zahlreicher verschiedener Amoeben-Formen, mit denen neuere Mikroskopiker den Ballast der Wissenschaft vermehrt haben, nützen gar Nichts, wenn keine Entwickelungsgeschichte dabei ist. Amoeben, oder amoeboide Zellen, giebt es überall; im Entwickelungskreise von Thieren, von Protisten und von Pflanzen. Die Furchungskugeln, die Embryonal-Zellen, die Blutzellen vieler Thiere sind von selbstständigen Amoeben oft gar nicht zu unterscheiden. Dennoch giebt es selbstständige Amoeben, die sich als solche viele Generationen hindurch unverändert fortpflanzen und ihre »gute Species« rein erhalten. Wenn man die eigenthümliche grosse Amoeben-Form der Magosphaera mit ihren büschelweis vereinigten spitzen Fortsätzen für sich allein gefunden und untersucht hätte, ohne Kenntniss ihrer Herkunft und ihrer Schicksale, würde man sie als eine gute »nova species« von Amoeba beschrieben haben. Aber selbst nachdem wir die ganze Entwickelungsgeschichte der Magosphaera kennen, würde man dieselbe doch als eine »eigentliche Amoebe« auffassen und zu der Gruppe der Protoplasten (Amoeboiden oder Lobosen) stellen können. Denn die grossen Amoeben (Fig. 19) sind das letzte frei bewegliche Entwickelungsstadium der Magosphaera, welches dem Ruhezustande, dem Ei-Stadium vorher geht, und mit welchem also gewissermaassen der individuelle Entwickelungs-Cyclus abschliesst. Es liesse sich daher wohl der Satz vertheidigen, dass die Amoebe das eigentliche »Ziel« der Magosphaera-Entwickelung sei, zumal sie als Zelle (an und für sich betrachtet) durch ihre Grösse, vielfache Beweglichkeit und reiche Entwickelung von Fortsätzen, sowie durch die Mehrzahl der Vacuolen, die übrigen Zellen des Entwickelungskreises an »Vollkommenheit« übertrifft.

Wenn man den einzelligen bewimperten Zustand der Magosphaera, oder das Peritrichen-Stadium, für sich allein, ohne Kenntniss seiner Herkunft, im Wasser frei schwimmend finden und untersuchen würde, so würde man mit einem gewissen Rechte dasselbe als ein echtes bewimpertes Infusorium, und zwar als ein Ciliat aus der Ordnung der Peritrichen, ansprechen dürfen. Allerdings fehlt unseren Wimperzellen, wie es scheint, eine distincte bleibende Mundöffnung; es fehlt eine differenzirte Hautschicht; auch ist der »Nucleus« nicht zu einer »Zwitterdrüse« differenzirt. Allein man darf nicht vergessen, dass alle diese differenzirten Theile nur bei höheren Ciliaten deutlich entwickelt sind, und dass sie vielen niederen Infusorien fehlen, die man trotzdem

Digitized by Google

als echte »Ciliaten« ansieht. Auch darf man nicht entgegnen, dass diese letzteren nicht einfache Zellen seien. Denn die Frage von der »Einzelligkeit der Infusorien« ist noch keineswegs negativ entschieden. Vielmehr neigt sich jetzt wieder einmal das Zünglein der Wage zu Gunsten derselben, und namentlich viele von den neuesten Beobachtungen über die Fortpflanzung und Entwickelung der Ciliaten lassen sich kaum anders deuten, als dass viele echte Infusorien wirklich einfache Zellen sind. Die Complication ihrer Organisation steht damit nicht in Widerspruch; denn es giebt einfache Pflanzenzellen, welche in dieser Beziehung, hinsichtlich der Differenzirung der Organe, die Ciliaten noch übertreffen.

Wenn man also aus triftigen Gründen das einzellige amoeboide Stadium der Magosphaera als eine Amoebe, das einzellige bewimperte Stadium als ein peritriches Ciliat, das vielzellige bewimperte Stadium als ein volvocines Flagellat ansehen kann, und wenn anderseits keines dieser drei Stadien mit Sicherheit als die »vollkommenste Form«, als das eigentliche »Ziel des Entwickelungskreises« gelten kann, so wird die Frage von der systematischen Stellung der Magosphaera in der vorsichtigsten und am meisten kritischen Weise dadurch geschlichtet, dass man sie — wenigstens vorläufig — als Repräsentanten einer selbstständigen Protisten-Gruppe ansieht. Da diese indifferente Gruppe zwischen verschiedenen anderen Gruppen des Protistenreiches in der angegebenen Weise zu vermitteln scheint, so dürfte sie vielleicht passend den Namen der »Vermittler«, Catallacta führen [1]).

Erklärung der Tafel I.

Magosphaera planula.

Alle Figuren sind bei einer Vergrösserung von 700 gezeichnet. Die Buchstaben haben in allen Figuren dieselbe Bedeutung: *p* Protoplasma der Zelle. *g* Körnchen im Protoplasma. *n* Zellenkern oder Nucleus. *c* Kernkörperchen oder Nucleolus. *m* Zellenmembran oder Cystenhülle. *a* Fortsatz des Protoplasma, welcher die Cystenwand an deren Anheftungsstelle (an der Algenzelle) durchsetzt. *n* Gallertmasse zwischen den Zellen der Flimmerkugel. *v* Vacuole oder contractile Blase. *d* Wimperscheibe (Verdickte hyaline Endfläche der Wimperzellen, auf welcher die Wimpern aufsitzen). *w* Wimpern. *s* Schwanz oder verdünnter Stiel am entgegengesetzten Ende der Wimperzellen.

---

1) καταλλάκτης der Vermittler; μαγός Zauberer; σφαῖρα Kugel.

Fig. 1. Einzelliger encystirter Ruhezustand (Ei-Stadium).
Fig. 2. Cyste mit zwei Zellen (Erstes Furchungs-Stadium). Die Eizelle ist durch beginnende Furchung in zwei Zellen zerfallen.
Fig. 3. Cyste mit vier Zellen.
Fig. 4. Cyste mit acht Zellen.
Fig. 5. Cyste mit sechzehn Zellen.
Fig. 6. Cyste mit zwei und dreissig Zellen. Dieselben führen innerhalb der Cyste amoeboide Bewegungen aus.
Fig. 7. Vielzelliger Schwärmzustand (Volvocinen-Stadium). Die aus der Furchung entstandene vielzellige Kugel hat die Cystenhülle gesprengt und verlassen. Die Pseudopodien der 32 amoeboiden Zellen haben sich in schwingende Cilien verwandelt, mittelst deren die Flimmerkugel umherschwärmt. Die Flimmerkugel ist von der Oberfläche gesehen.
Fig. 8. Dieselbe Flimmerkugel, wie Fig. 7. Der Focus ist auf das Centrum der Kugel eingestellt, so dass man zehn von den 32 Zellen in einer meridianen Durchschnittsebene sieht. Die birnförmigen Zellen berühren sich im Centrum der Kugel mit ihren schwanzähnlichen Spitzen. Die Zwischenräume zwischen den Zellen sind durch Gallertmasse ausgefüllt
Fig. 9. Eine isolirte Wimperzelle (Peritrichen-Stadium) mit langem Schwanz.
Fig. 10. Eine isolirte Wimperzelle mit verdickter Wimperscheibe.
Fig. 11. Eine isolirte Wimperzelle mit verdünnter Wimperscheibe.
Fig. 12. Eine isolirte Wimperzelle mit sehr verkürztem Schwanz und ganz contrahirter Vacuole.
Fig. 13. Eine isolirte Wimperzelle mit ganz eingezogenem Schwanz und sehr ausgedehnter Vacuole.
Fig. 14. Eine amoeboide Zelle (Amoeben-Stadium), aus einer Wimperzelle entstanden.
Fig. 15. Eine amoeboide Zelle mit ganz zusammengezogener Vacuole.
Fig. 16. Eine amoeboide Zelle mit sehr ausgedehnter Vacuole.
Fig. 17. Eine Amoebe mit einer Vacuole und einem Pseudopodien-Buschel.
Fig. 18. Eine Amoebe mit zwei Vacuolen.
Fig. 19. Eine Amoebe mit drei Vacuolen.
Fig. 20. Eine sehr grosse Amoebe mit fünf Vacuolen und vielen Pseudopodien-Büscheln.

Digitized by Google

Nachträge zur Monographie der Moneren.

Von

Ernst Haeckel.

Hierzu Taf. II.

1. Vampyrella Gomphonematis.

(Hierzu Taf. II, Fig. 1—4).

Die neue Moneren-Form, die ich hier als Vampyrella Gomphonematis beschreibe, habe ich im September 1869 während meines Aufenthaltes an der norwegischen Küste beobachtet. Sie schliesst sich sehr nahe an die von Cienkowski beschriebene Vampyrella vorax an, unterscheidet sich jedoch von ihr durch gewisse Eigenthümlichkeiten, welche ihre Aufstellung als besondere Species genügend rechtfertigen.

Die Gattung Vampyrella ist vielleicht unter allen Moneren die am längsten bekannte Form, insofern in ihren Entwickelungskreis die »ziegelrothen Blasen« gehören, welche die Botaniker schon vor langer Zeit an Spirogyren und anderen Algen aufgefunden haben. Jedoch galten dieselben theils für Entwickelungszustände dieser Algen, theils für »Diatomeen-Cysten«, und erst die vortrefflichen und erschöpfenden Untersuchungen von Cienkowski stellten 1865 ihre Natur in das rechte Licht (l. c. p. 218—225). In vollkommen ausgebildetem und frei beweglichem Zustande tragen alle Vampyrellen durchaus den Charakter echter Moneren, indem ihr ganzer Körper einen gänzlich structurlosen Protoplasma-Klumpen darstellt. Diese nackte Cytode nimmt mittelst vorgestreckter Pseudopodien Nahrung auf, gleich den Amoeben und Rhizopoden, und geht dann in einen Ruhezustand über. Sie scheidet eine Kapselhülle aus und zerfällt innerhalb dieser Cyste durch Viertheilung in vier nackte Sporen (Tetraplasten). Jede Spore gleicht nach dem Austritt aus der Cyste einer kleinen Actinophrys (sol) und kriecht wie eine kleine Amoebe mit spitzen Fortsätzen langsam umher. Von den drei Vampyrella-Arten Cienkowski's nähren sich

Digitized by Google

zwei (V. Spirogyrae und V. pendula) von Algen, deren Zellen sie anbohren und das Protoplasma aussaugen. Die dritte Art dagegen (V. vorax) frisst durch Umhüllung fremder Körper, wie eine Amoebe (Archiv für mikr. Anat. 1865. Vol. I. p. 218—225).

Die norwegische Vampyrella, welche ich in Bergen beobachtete, scheint ausschliesslich auf den Stöckchen einer Diatomee zu leben, deren Zellen sie umhüllt und aussaugt. Ihre specifische Eigenthümlichlichkeit scheint aber darin zu bestehen, dass sie sich auf den Diatomeen-Stöckchen selbst einkapselt und an der Stelle der gefressenen Diatomeen befestigt, deren entleerte Kieselschalen sie ablöst und auswirft. Die Diatomee, auf der ich die Vampyrelle ausschliesslich gefunden habe, und die in Fig. 1 abgebildet ist, gehört der Gattung Gomphonema an, scheint jedoch mit keiner der beschriebenen Arten genau übereinzustimmen. Ich will daher diese neue Species, um an ihre Ausplünderung durch die Vampyrella zu erinnern, Gomphonema devastatum nennen.

Das Gomphonema devastatum (Fig. 1, 2) bildet sehr zierliche baumförmig verästelte Zellen-Gemeinden, welche massenhaft die Stöckchen der Campanularien überziehen, die an der Küste von Bergen leben. Manche Campanularienstöcke sehen mit blossem Auge betrachtet so aus, als ob sie dicht mit einer gelblichen Schleimhülle überzogen wären. Diese Hülle besteht bloss aus Tausenden von Gomphonema-Bäumchen, die dichtgedrängt senkrecht auf den Röhren der Campanularien sitzen. Einzelne von diesen Bäumchen beherbergen unsere Vampyrella in grosser Anzahl, während viele ganz frei davon sind. Die Stöckchen des Gomphonema sind durchschnittlich 0,5 Mm. hoch und 0,3 Mm. dick. Die Stiele der Zellen sind schlank, regelmässig dichotomisch verzweigt, zierlich S förmig gebogen, und 0,003 Mm. dick. Die Kieselzellen sind fächerförmige, gleichschenkelig-dreieckige, ziemlich dünne Scheiben. Ihre Länge beträgt 0,05, ihre Breite 0,03, ihre Dicke 0,01 Mm. Von der breiten Seite gesehen, erscheint der Kieselpanzer der Zelle durch zwei, von der Basis nach dem freien Rande divergirende Furchen in drei schmale Felder zerlegt. Den beiden Furchen entsprechen am freien Rande zwei flache Einkerbungen. Die drei Felder sind im äusseren Theile von gleicher Breite. In der Mitte jedoch, wo der Zellenkern liegt, ist das Mittelfeld etwas breiter aufgetrieben. Auch an der Basis ist dasselbe breiter als die beiden Seitenfelder (Fig. 1 *h.*) Von der schmalen Seite gesehen (Fig. 1 *i*) erscheint jede Kieselzelle schmal keilförmig, von der Basis gegen das abgerundete freie Ende hin allmählich verdickt. Im Innern der Kieselzelle bilden die feinen verästelten und anastomosirenden Protoplasma-Ströme, in welche viele

Digitized by Google

gelbe Körner eingebettet sind, ein unregelmässiges und veränderliches Netzwerk.

Auf den Aesten dieser zierlichen Gomphonema-Bäumchen findet man nun hin und wieder in grosser Menge statt der zugehörigen Kieselzellen hellrothe kugelige Blasen (Fig. 1 *a*.) Dies sind die Cysten unserer Vampyrella. Sie sind nicht immer von gleicher Grösse, die meisten von 0,06—0,07 Mm. Durchmesser. Die Cystenwand (*c*) oder die Hülle der kugeligen Blasen ist glashell und structurlos, scharf doppelt contourirt. Ihre Dicke ist verschieden, meistens gleich ein Zehntel des Kapseldurchmessers, also 0,006—0,008 Mm. Die dicksten Blasenhüllen erreichten 0,01 Mm. Dicke. Die structurlose Substanz der Cystenwand ist sehr fest und elastisch, in verdünnten Säuren und Alkalien unlöslich. In concentrirten Alkalien quillt sie rasch bedeutend auf und löst sich nachher ganz darin auf. Concentrirte Mineralsäuren zerstören sie erst nach längerer Einwirkung. Durch Carmin und durch Jod wird dieselbe nicht gefärbt, ebenso nicht durch Jod und Schwefelsäure.

Den Inhalt der Cysten findet man oft auf einem und demselben Gomphonema-Bäumchen in verschiedenen Entwickelungs-Zuständen, wie es in Fig. 1 dargestellt ist. Bei den jüngeren Cysten (*a*) ist der ganze Hohlraum mit einem homogenen, hellrothen, halbdurchsichtigen, Protoplasma ausgefüllt, welches bei Anwendung sehr starker Vergrösserungen äusserst fein granulirt erscheint, und bisweilen auch noch eine geringe Anzahl von etwas grösseren Körnchen enthält, die nach ihrem dunkeln Glanze Fettkörnchen zu sein scheinen. Die Farbe ist hell ziegelroth, bisweilen fast mehr orangeroth. Neben diesen ganz mit Protoplasma erfüllten Blasen finden sich andere, bei denen die ganze Protoplasma-Füllung in vier gleiche Theile zerfallen ist. Dies sind die Tetrasporen, welche Cienkowski auch bei seinen drei Vampyrella-Arten beobachtet hat. Sie scheinen alle vier gleichzeitig zu entstehen, indem vier gleichweit von einander und vom Centrum der Kugel entfernte Protoplasmapunkte als Anziehungsmittelpunkte auf die umgebende Substanz wirken. Diese verdichtet sich dabei und presst eine geringe Quantität einer hellen Flüssigkeit aus, die nunmehr die vier Plasma-Sporen von einander trennt. Wenigstens habe ich bei der Vampyrella Gomphonematis niemals gesehen, dass die Plasma-Kugel erst bloss in zwei Stücke zerfiele, die sich dann nochmals halbiren. Die vier Sporen sind eben so durchaus homogene und nackte Plasma-Stücke, wie die Kugel, aus deren Viertheilung sie hervorgegangen sind. Weder an dieser, noch an jener ist irgend eine Spur von einem Zellenkern oder von einer contractilen Blase zu bemerken. Die Tetrasporen haben eine sphaeroidale, stark abgeplattete, fast linsenförmige Gestalt, und

sind dergestalt gegen einander gelagert, dass zwischen ihnen, im Centrum der Cyste, ein leerer Hohlraum bleibt von regulär tetraedrischer Grundform.

Während man auf einigen Gomphonema-Stöckchen bloss geschlossene Cysten findet, theils mit ungetheiltem Protoplasma-Inhalt, theils mit vier sphäroidalen Sporen, so kann man dagegen an anderen Stöckchen das Auskriechen der letzteren aus der Kapsel und ihre Umbildung zu frei umherkriechenden actinophrysähnlichen Körpern sehr hübsch verfolgen (Fig. 1 *e.*) An einer Stelle der Cystenwand (meist entgegengesetzt dem Anheftungspunkte der Kapsel) entsteht, vermuthlich durch die anliegende Tetraspore veranlasst, eine sehr kleine Oeffnung und nun zwängt sich die letztere durch dieses enge Loch langsam hindurch. Dabei nimmt ihr rundlicher Protoplasma-Leib eine sehr schlanke Form an (Fig. 1 *e.*) Noch ehe der ganze Sporenkörper den Hohlraum der Cyste verlassen hat, beginnt er bereits an dem ausserhalb befindlichen Theile sehr feine und zarte Pseudopodien auszustrecken. Wo er mit einem Aestchen des Gomphonema-Stockes zufällig in Berührung kommt, schmiegt er sich mit seiner klebrigen Oberfläche an dasselbe an, breitet sich aus, und kriecht nun langsam an dem Stöckchen empor. Eine von den vier Sporen nach der anderen verlässt die Cyste. Wie es scheint, kriecht jede durch das Loch aus, das von der ersten gebohrt worden ist. Man kann so Kapseln finden, in denen nur noch ein oder zwei Sporen liegen, nachdem die anderen bereits ausgekrochen sind (Fig. 1 *d.*) Auch leere Cystenhüllen findet man auf den Enden der Aestchen bisweilen, jedoch selten. In der Regel scheinen sie bald abzufallen, nachdem ihre Bewohner sie verlassen haben.

Die Spore, welche durch Viertheilung der encystirten Vampyrella entstanden ist, und welche nunmehr ihre Kapsel verlassen hat, ist bereits der ganze Organismus. Denn die Function der Ernährung, der sie sich nunmehr in frei beweglichem Zustande widmet, hat kein anderes Resultat, als Vergrösserung des homogenen Plasmastückes durch einfaches Wachsthum. Nachdem die frei umherkriechende, actinophrysähnliche Vampyrella durch Plünderung mehrerer Gomphonema-Zellen eine gewisse Grösse erreicht hat, zieht sie sich kugelig zusammen, schwitzt eine Kapselhülle aus, und geht so für einige Zeit in den Ruhezustand über, mit dessen Beschreibung wir begannen. Späterhin zerfällt diese encystirte Plasma-Kugel wiederum in vier Tetrasporen, und so beginnt der höchst einfache Kreislauf ihres Lebens von Neuem.

Die Ernährungsweise der frei umherkriechenden Vampyrella Gomphonematis ist sehr interessant, obwohl im Wesentlichen mit derjenigen der übrigen Species der Gattung übereinstimmend. Nachdem die Tetra-

Digitized by Google

spore ihre Kapsel vollständig verlassen, breitet sie sich, wie schon bemerkt, actinophrysähnlich aus und kriecht an dem Gomphonema-Bäumchen umher, ohne dasselbe jemals zu verlassen. Zeitlebens bleibt sie mit ihm in Berührung oder geht höchstens einmal auf ein benachbartes Gomphonema-Stöckchen über, mit dem ihr eigenes zufällig in Berührung kam. Schwimmen kann das kleine Moner, wie es scheint, nicht, und hütet sich wohl, die sichere Unterlage, deren Contact es von Geburt an gewöhnt ist, zu verlassen. Niemals habe ich daher auch unsere Vampyrella in frei beweglichem Zustande Kugelform annehmen sehen, wie sie bei frei im Wasser schwebenden Rhizopoden mit allseitig ausstrahlenden Pseudopodien so häufig vorkommt. Vielmehr erscheint die frei umherkriechende Vampyrella immer als formloses oder ganz unregelmässig geformtes Klümpchen, welches sich bei seinen Bewegungen vollkommen der festen Unterlage anpasst. Beständig aber strahlen von seiner äusseren Oberfläche eine grosse Menge von äusserst feinen Pseudopodien aus.

Die Pseudopodien sind bei der Vampyrella Gomphonematis in viel grösserer Zahl vorstreckbar, als bei den von Cienkowski beobachteten drei Arten. Wie bei diesen, ist deutlich Körnchenbewegung an ihnen zu beobachten, niemals dagegen ein Verschmelzen verschiedener Sarcode-Fäden bei zufälliger Berührung. Auch Verästelung lässt sich nicht mit Sicherheit wahrnehmen. Fast immer erscheinen die Pseudopodien als einfache, unverästelte, gerade ausgestreckte Fäden, deren Länge meistens kaum dem Durchmesser des mittleren Körpertheils gleichkommt, selten ihn bedeutend übertrifft. Da das Ausstrecken und Einziehen der Pseudopodien und die Körnchenströmung auf denselben bei den Vampyrellen Nichts mit der Nahrungs-Aufnahme zu thun hat, so wird diese Bewegung wahrscheinlich vorzugsweise die Function der Respiration vermitteln.

Die Ernährung unserer Vampyrella, die an dem Gomphonema-Stöckchen herumkriecht, geschieht nun in folgender Weise: Sobald sie, an den Zweigen des Bäumchens emporkriechend, eine Kieselzelle erreicht hat, breitet sie sich flach rings um deren Basis aus. Das Protoplasma der Vampyrella zerfliesst zu einer dünnen Schleimschicht, welche blattartig auf beiden Flächen der dreieckigen Kieselzelle sich ausbreitet. Da die beiden Blätter desselben aber zugleich an den schmalen Rändern der Zelle in Zusammenhang bleiben, wird die ganze Kieselzelle von der schmalen Basis bis zu ihrem breiten freien Rande, von einer zusammenhängenden dünnen Protoplasma-Lamelle überzogen und zuletzt gänzlich eingehüllt. Nun beginnt die eigentliche Plünderung. Während eine Anzahl feiner Pseudopodien von dem Plasma-Ueberzuge in das

Wasser hineinstrahlen, dringt ein anderer Theil des Protoplasma-Körpers durch die Schalen-Spalten der Kieselzelle in deren Inneres hinein und annectirt sich das hier verborgene Protoplasma. Man kann sehen, wie die hellrothe Sarcode der Vampyrella in Form unregelmässiger Fortsätze im Innern der Kieselzelle sich ausbreitet und das gelbe Protoplasma des Gomphonema in sich hineinzieht. Die Körnchenbewegung in dem letzteren erlischt und der ganze Inhalt wird langsam durch die Spalten der Kieselschale herausgezogen. Anfangs kann man die gelben Diatomeen-Körner in dem rothen Vampyrellen-Leibe noch wahrnehmen. Bald aber verschwinden sie in dem feinkörnigen gelbrothen Protoplasma der letzteren und werden ganz von diesem assimilirt.

Die entleerte Kieselschale (Fig. 1 *g*) der Gomphonema-Zelle, deren Zusammenhang mit ihrem Stiele bereits während des Plünderungs-Processes sich zu lockern scheint, wird nun von der gesättigten Vampyrella gänzlich abgebrochen und wie ein unverdaulicher fremder Körper ausgestossen (Fig. 1 *f*.) Der freche Räuber aber bleibt an ihrer Stelle sitzen, um ruhig zu verdauen. Er umfasst das freie Ende des Zellenstieles in Form eines rundlichen Protoplasma-Klümpchens, das nach allen Seiten feine Fäden ausstrahlt. Hat die Vampyrella nun schon mehrere Zellen in dieser Weise geplündert und dadurch eine gewisse Grösse erreicht, so beginnt sie allmählich ihre Fäden einzuziehen, sich zu einer glatten Plasmakugel abzurunden, und durch Ausschwitzung einer Hülle einzukapseln. Wenn sie aber hierzu noch zu klein ist, so kriecht sie erst von ihrem Stiele wieder herab und auf einen anderen Zweig hinüber, um auch dessen Zelle sich einzuverleiben. In der Regel scheint jede Vampyrelle eine grössere Anzahl von Kieselzellen fressen zu müssen, ehe sie sich encystiren kann.

Bei den von Cienkowski beschriebenen Vampyrella Spirogyrae und V. pendula kommt ein vorübergehender Ruhezustand mit Encystirung vor, welcher bloss dem Verdauungsgeschäft gewidmet ist. Nach aufgenommener Nahrung bilden sich diese Vampyrellen eine vorübergehende Cyste (»Zelle« von Cienkowski), welche sie nach vollendeter Verdauung wieder durchbrechen und verlassen, um aufs Neue umherzukriechen. Erst später erfolgt die definitive Einkapselung, während welcher die Fortpflanzung durch Viertheilung geschieht. Bei unserer Vampyrella Gomphonematis scheinen jene provisorischen Cystenbildungen nicht vorzukommen. Jedes Individuum kapselt sich nur einmal während seines Lebens ein, und zwar dann, wenn es sich zur Fortpflanzung anschickt.

Die Encystirung unserer Vampyrelle erfolgt in der einfachsten Weise. Nachdem durch Aufnahme einer gewissen Anzahl von Kiesel-

zellen das durchschnittliche specifische Grössenmaass des rothen Plasmastöckchens erreicht ist, werden die ausgestreckten Pseudopodien eingezogen und die geglättete Oberfläche des Klumpens rundet sich kugelig ab. Sodann beginnt die Ausschwitzung einer hyalinen, structurlosen Hülle, welche allmählich erhärtet, und deren Dicke bis zu ein Siebentel des Kugeldurchmessers erreichen kann. Zu bemerken ist, dass der Stiel der zuletzt gefressenen Kieselzelle, auf der die Vampyrella sitzen bleibt, unmittelbar mit dem Protoplasmakörper derselben in Verbindung bleibt, so dass an dieser Stelle die Cystenhülle von dem Stielende durchbohrt ist (Fig. 1, *a. b.*)

Somit sind wir denn wieder am Ausgangspunkte der Lebensgeschichte unseres Moneres angelangt. Wie lange die encystirte Vampyrelle im Ruhezustande verharrt, ehe sie durch Tetraplasten-Bildung in vier neue Individuen zerfällt, habe ich nicht ermitteln können. Die vorstehend mitgetheilte Entwickelungsgeschichte ist aus Zusammenstellung der verschiedenen ontogenetischen Stadien erschlossen, die man bisweilen auf einem und demselben Gomphonema-Bäumchen neben einander antrifft.

2. Protomonas Huxleyi.

(Taf. II, Fig. 5—8).

In dem pelagischen Mulder, welchen ich im August des letzten Jahres mit dem feinen Netze von der Oberfläche der Nordsee in der Nähe von Bergen fischte, befanden sich eine grosse Menge von Diatomeen aus der Gattung Rhizosolenia. An einer von diesen Rhizosolenien bemerkte ich ganz zufällig vier kleine kugelige Bläschen ansitzen von ungefähr 0,03 Mm. Durchmesser (Fig. 5.) Bei starker Vergrösserung zeigte sich, dass eine von diesen kugeligen Cysten mit structurlosem, feinkörnigen, farblosen Protoplasma ganz angefüllt war (Fig. 5 *A.*) Die drei anderen Blasen enthielten statt dessen eine grosse Anzahl von kleinen Protoplasma-Kugeln (*b*) von derselben Beschaffenheit, wie das Protoplasma der grossen Kugel. Weder in dieser letzteren noch in den kleinen Protoplasma-Kügelchen war eine Spur von Kernen wahrzunehmen; auch andere geformte Inhaltsbestandtheile fehlten gänzlich. Die kleinen Kügelchen hatten ungefähr 0,008 Mm. Durchmesser. Die Cystenhülle erschien in allen vier Kugeln ziemlich derb, doppelt contourirt, structurlos, etwa 0,0015 Mm. dick.

Da ich weder an der grossen Protoplasma-Kugel, noch an den kleinen Kügelchen in den drei anderen Cysten irgend eine Structur wahrnehmen konnte, schloss ich daraus, dass hier die Fortpflanzungs-

Digitized by Google

kapseln irgend einer Moneren-Form vorlägen. Diese Vermuthung bestätigte sich in der That. Um möglicher Weise eine weitere Entwickelung der Kapseln wahrzunehmen, isolirte ich die Rhizosolenia in einer kleinen feuchten Kammer. Schon am folgenden Tage hatte ich das Vergnügen, in zwei von den drei Kapseln, welche mit kleinen Kügelchen gefüllt waren, eine langsame rotirende Bewegung wahrzunehmen. Als ich nun die Kapseln durch leichten Druck auf das Deckglas sprengte, traten birnförmige Cytoden heraus, welche an einem Ende abgerundet, am anderen Ende in eine lange und sehr feine fadenförmige Geissel ausgezogen waren (Fig. 5 *d*). Ihre Länge betrug gegen 0,04 Mm. Diese Schwärmsporen bewegten sich langsam in dem Wassertropfen umher und zerstreuten sich dann. Ich stellte nun den Objectträger wieder in eine feuchte Kammer. Schon nach wenigen Stunden hatte die Geisselbewegung der Schwärmer aufgehört und an ihrer Stelle fand ich in dem Wassertropfen kleine amoebenartige Körperchen, von 0,01—0,012 Mm. Durchmesser (Fig. 6.) Sie krochen langsam auf der Glasplatte umher, indem sie eine geringe Zahl von sehr feinen, fadenförmigen Fortsätzen ausstreckten und wieder einzogen. Auch an diesen amoeboiden Körperchen war keine Spur von einem Zellenkern, und eben so wenig von einer Vacuole oder von einer umhüllenden Membran wahrzunehmen. Einige von diesen Cytoden konnte ich nachher noch einige Zeit verfolgen, und sah, dass sie allmählich begannen, eine grössere Anzahl von haarfeinen Fortsätzen auszustrecken. Sie nahmen fast die Gestalt sehr kleiner Actinophrys an (Fig. 8.) Einmal traf ich auch zwei amoeboide Cytoden, welche mittelst eines feinen Pseudopodiums zusammenhingen (Fig. 7.) Ob diese Verbindung nur zufällig war, oder ob sie als Vorbereitung zur Theilung (oder vielleicht auch umgekehrt zur vollständigen Verschmelzung) anzusehen war, vermochte ich nicht zu unterscheiden. Nahrungsaufnahme habe ich nicht beobachtet. Auch Körnchen fehlten in den kleinen Protoplasma-Klümpchen, und somit natürlich auch die Körnchenbewegung an den Pseudopodien.

Das Protoplasma der grossen Kugel (*A*), deren Cyste bei dem Sprengversuch auch geborsten war, zeigte nach dem Austreten keinerlei Bewegung, ebenso auch nicht die Kügelchen der dritten Cyste.

Soweit sich aus diesen unvollständigen Beobachtungen schliessen lässt, liegt hier eine Moneren-Form vor, welche sich unter den bekannten Moneren am nächsten an die von Cienkowski vortrefflich beschriebene Protomonas amyli anschliesst[1]). Den Gattungscharakter von Pro-

1) Cienkowski, Beiträge zur Kenntniss der Monaden. Arch. für mikr. Anat. 1865. Vol. I. p. 213. Taf. XII, Fig. 1—5. Vergl. ferner Bulletin phys. math. Acad.

Digitized by Google

tomonas habe ich in meiner Monographie der Moneren folgendermaassen bestimmt: »Ein einfachster formloser Protoplasma-Körper, ohne Vacuolenbildung, welcher einfache oder verästelte Pseudopodien treibt. Fortpflanzung durch Schwärmsporen, welche in Plasmodien zusammenfliessen. Der frei bewegliche Zustand des Moneres wird von einem Ruhezustande mit Hüllenbildung unterbrochen.« Die von Cienkowski entdeckte Species, bisher die einzige der Gattung, ist folgendermaassen charakterisirt: »Protoplasmakörper ein Plasmodium, welches durch Verschmelzen mehrerer Schwärmsporen entsteht, von ungefähr 0,02 — 0,05 Mm. Durchmesser, mit wenigen, verästelten, sehr feinen Pseudopodien. Ruhezustand eine rundliche Lepocytode, deren Membran keilförmige, nach innen vorragende Warzen treibt. Schwärmsporen spindelförmig, sehr contractil, mit mehreren, (zwei?) Geisseln versehen, sich nach Art einer Anguillula bewegend.« Die Protomonas Amyli lebt in faulenden Nitellen des süssen Wassers.

Wie man sieht, sind die Unterschiede der Protomonas amyli von der vorliegenden P. Huxleyi jedenfalls hinreichend gross, um die letztere als eine besondere »gute Species« zu betrachten. Bei P. amyli sind die Schwärmsporen spindelförmig, mit mehreren Geisseln; bei P. Huxleyi dagegen birnförmig, mit einer Geissel. Die Cystenwand der ersteren ist an der inneren Seite mit keilförmigen vorragenden Warzen versehen, welche der letzteren fehlen. Auch habe ich bei P. Huxleyi nicht mit Sicherheit die Verästelung der Pseudopodien gesehen, welche bei P. amyli vorkommt. Dass die Schwärmsporen bei der ersteren ebenso wie bei der letzteren zu Plasmodien zusammenfliessen, bezweifle ich nicht, obwohl ich es nicht direct beobachtet habe; die in Fig. 7 dargestellten zwei Cytoden, welche durch einen Faden zusammenhängen, sind vielleicht in Verschmelzung, vielleicht aber auch in Theilung begriffen. Bei beiden Arten von Protomonas fehlt zugleich die Vacuolenbildung im Protoplasma, und dadurch unterscheiden sie sich wesentlich von der sonst nächstverwandten Protomyxa, die sich auch ausserdem durch ihre üppigen Protoplasma-Netze auszeichnet.

Der Lebenslauf der Protomonas Huxleyi, wie er sich aus den vorliegenden unvollständigen Beobachtungen und aus der Analogie der P. amyli ziemlich sicher errathen lässt, wird folgender sein. Die Geisselcytoden oder Schwärmsporen, welche aus der geborstenen Cyste austreten (Fig. 5 *D*) schwärmen im Wasser mittelst ihrer Geissel umher,

---

St. Petersb. T. XIV, XVII. Pringsheims Jahrbücher I, 371. Vergl. ferner meine Monogr. der Moneren: VI. System der Moneren. Genus IV.

Digitized by Google

sinken dann zu Boden und gehen in den amoeboiden Zustand über (Fig. 6), aus welchem sich weiterhin vielleicht ein actinophrysartiger Zustand entwickelt (Fig. 8.) Durch weiteres Wachsthum (vielleicht auch durch Verschmelzung mehrerer Cytoden zu einem Plasmodium (Fig. 7) entstehen grössere Protoplasmastücke (nackte Cytoden), welche nach Erlangung einer gewissen Grösse in den Ruhezustand übergehen und sich einkapseln. Der Protoplasma-Körper setzt sich fest, zieht sich zusammen und schwitzt eine Hülle aus (Lepocytode, Fig. 5 *A*). Innerhalb dieser Cyste zerfällt derselbe in zahlreiche kleine Kugeln (Fig. 5 *B*, *C*.) Diese verwandeln sich wiederum in die birnförmigen Schwärmsporen, von welchen wir ausgingen. Ich benenne diese neue Moneren-Art zu Ehren des berühmten Entdeckers des Bathybius.

3. Neue Arten von Protamoeba

(Taf. II, Fig. 9—12).

Die Moneren, welche meine Gattung Protamoeba bilden, unterscheiden sich von den übrigen Formen dieser Classe einerseits durch die einfachen Pseudopodien, welche nicht mit einander anastomosiren und keine Netze bilden; anderseits dadurch, dass sie sich in der einfachsten Weise durch Theilung fortpflanzen, ohne in einen Ruhezustand überzugehen. Die andere Moneren-Gattung, welche sich ebenso fortpflanzt, Protogenes, treibt lange und dünne, vielfach verästelte Pseudopodien, welche confluiren und Protoplasma-Netze bilden.

Moneren, welche demnach zu der Gattung Protamoeba gehören, scheinen sowohl im süssen als im salzigen Wasser sehr weit verbreitet zu sein. Schon jetzt bin ich im Stande, der zuerst von mir 1866 in der generellen Morphologie (Vol. I, p. 133) beschriebenen Protamoeba primitiva nicht weniger als vier andere Formen anzureihen, welche man als »gute Species« dieses Genus betrachten kann, wenn man bei diesen niedersten Organismen überhaupt noch von Genus und Species sprechen darf.

I. Protamoeba simplex.

Taf. II, Fig. 12.

Am nächsten der Protamoeba primitiva, welche ich in der Monographie der Moneren (Taf. II, Fig. 25—30) abgebildet habe, steht ein ansehnlich grosses Moner, welches ich Protamoeba simplex nennen will (Fig. 12.) Dasselbe bildet unregelmässig rundliche Protoplasma-Klumpen, welche sich bald mehr der Kugelgestalt nähern

Digitized by Google

Fig. 12 A), bald flacher sich ausbreiten, und dabei an verschiedenen Stellen unregelmässig rundliche lappige Auftreibungen bilden, die man aber kaum als Pseudopodien bezeichnen kann. Das Protoplasma dieser Klumpen erscheint eigenthümlich wachsartig, stark lichtbrechend, glänzend, gänzlich structurlos. Die Oberfläche ist eigenthümlich gerunzelt oder in bogenförmige Falten gelegt. Kleine Körnchen scheinen an der Oberfläche kleben zu bleiben, aber nur selten in das Innere zu dringen. Die Aufnahme fremder Körper wurde niemals beobachtet. Das Verhalten gegen Reagentien ist das gewöhnliche des Protoplasma. Durch Carmin werden die Klumpen durch und durch roth gefärbt. Die Grösse ist sehr beträchtlich. Neben kleineren Individuen von 0,05—0,1 Mm. Durchmesser giebt es auch solche, deren Durchmesser 0,2—0,3 Mm. erreicht, und die man daher unter günstigen Umständen mit blossem Auge erkennen kann.

Protamoeba simplex scheint nicht selten zu sein. Ich habe sie in Süsswasser-Infusionen schon in früheren Jahren gelegentlich beobachtet, jedoch immer nur in solchen Infusionen, welche humusreiche Walderde enthielten. Ich konnte früher aber Nichts mit diesen sonderbaren Klumpen anfangen, da ich daran keine Bewegung wahrnahm. Erst als ich im letzten Jahre dieselben wiederfand, fiel es mir ein, dass dieselben wohl eine Moneren-Form darstellen könnten. In der That ergab sich bei chemischer Prüfung sofort die Protoplasma-Natur der Klumpen, und sehr genaue und anhaltende Beobachtung lehrte auch schwache Formveränderungen wahrnehmen. Jedoch geschehen dieselben nur sehr langsam, und da auch weder Nahrungsaufnahme noch Fortpflanzung an diesen Protoplasma-Klumpen beobachtet wurde, so bleibt ihre Protamoeben-Natur einstweilen noch zweifelhaft.

II. Protamoeba agilis.

(Taf. II, Fig. 9.)

Diese kleine Protamoeba habe ich im Juni des letzten Jahres in sehr grosser Menge beobachtet. Sie fand sich in einem Behälter mit Wasser, welches ich aus den Teichen des Rodathales (einige Meilen südöstlich von Jena) geholt hatte. Das Wasser enthielt Spirogyren und einige andere Algen, sowie eine geringe Menge von Infusorien, Räderthieren etc. Nachdem das Glas mit Wasser einige Wochen am Lichte gestanden hatte, stiess ich zuerst in dem feinen Mulder oder Schlamm, der sich auf dem Boden abgesetzt hatte, auf einzelne Protamoeben. Dieselben vermehrten sich so rapide, dass ich einige Tage später fast in jedem Wassertropfen, den ich mit der Pipette vom Grunde des Gefässes heraufholte, ein oder

Digitized by Google

einige Protamoeben vorfand. Gewiss waren in dem Glase viele Tausende vorhanden. Eine Woche später war Alles verschwunden. Vielleicht war ein kleiner Wurm (Chaetogaster) daran Schuld, der sich inzwischen entwickelt und die Bedingungen des Kampfes ums Dasein in dem kleinen Aquarium gänzlich verändert hatte.

Der Durchmesser der Protamoeba agilis beträgt 0,04 — 0,06 Mm. Ihre Form ist unregelmässig rundlich lappig (Fig. 9). Die Pseudopodien sind wenige und kurze, breite, stumpfe Fortsätze. Aber ihre Bewegungen sind sehr rasch und lebhaft. Das Protoplasma des Körpers scheidet sich sehr deutlich in zwei verschiedene Schichten, eine hyaline, körnchenfreie, festere Rindenschicht (Ectosark), und eine trübe, körnerreiche, weichere Markschicht (Endosark). Beide Schichten sind aber keineswegs scharf getrennt, sondern gehen ganz allmählich in einander über, wie bei vielen echten Amoeben. Wie bei diesen erfolgt auch die Nahrungsaufnahme. Wo ein fremdes Körperchen die Oberfläche berührt, verdünnt sich das hyaline Ectosark und das Körperchen wird in das körnige Endosark plötzlich hineingezogen. Das Endosark ist sehr weich, so dass sich bei jeder Bewegung die darin enthaltenen Körnchen vielfach verschieben. Von Nucleus und contractiler Blase ist keine Spur vorhanden.

Die Fortpflanzung durch Theilung liess sich mit Leichtigkeit an sehr zahlreichen Individuen beobachten. Die Protamoeba schnürte sich dann in der Mitte ein (*G*, *H*). Das körnige Endosark strömte in die beiden entgegengesetzten Hälften hinein, und die hyaline Brücke des Ectosark, welche diese noch kurze Zeit zusammenhielt, zerriss. Die beiden Theilproducte fuhren sogleich fort, sich ebenso wie die ungetheilte Protamoebe zu bewegen.

III. Protamoeba Schultzeana.

(Taf. II, Fig. 10.)

In norwegischem Meeressand, den ich in der Nähe von Bergen, nahe dem Strande, aus geringer Tiefe mit dem Schleppnetz heraufgeholt hatte, und der sehr reich an lebenden Polythalamien war, beobachtete ich im August vorigen Jahres in mehreren Exemplaren eine sehr ausgezeichnete neue Protamoeben-Form (Fig. 10 *A*—*D*). Dieselbe bildete gewöhnlich unregelmässig höckerige, kugelige Klumpen, von durchschnittlich 0,1 Mm. Durchmesser. Das Protoplasma war deutlich in eine körnchenfreie, festere, hyaline Rindenschicht (Ectosark) und eine körnerreiche, weichere, trübe Markmasse (Endosark) differenzirt, ähnlich wie bei P. polypodia und P. agilis. Doch waren die beiden Schichten noch weniger scharf getrennt wie bei der letzteren. Der

Digitized by Google

centrale Sarcodekörper, welcher meistens der Kugelgestalt mehr oder weniger genähert blieb, und daher bei seinen unregelmässigen Bewegungen auf der ebenen Unterlage des Objectträgers förmlich langsam fortrollte, bildete in sehr charakteristischer Weise an vielen Stellen seiner Oberfläche gleichzeitig eine grössere Anzahl (20—30) dicke, höckerige, rundliche Fortsätze. Bald waren diese Fortsätze mehr cylindrisch, bald mehr kegelförmig, bald mehr flächenartig ausgebreitet. Ihre Länge kam dem Durchmesser der centralen Körpermasse gleich, der sie aufsassen, oder übertraf selbst diesen letzteren. Die Fortsätze wurden von beiden Körperschichten gebildet. Sie waren einem lebhaften Wechsel unterworfen. Wenn sich ein neuer Fortsatz bildete, strömte plötzlich die innere, dunkle, körnige Masse des Endosark mit grosser Energie in das sich ausstülpende hyaline Ectosark, wie in einen Bruchsack hinein. Das am meisten Charakteristische aber war die Beschaffenheit des letzteren. Die ganze Oberfläche des hyalinen Ectosark nämlich erschien beständig mit einer grossen Masse von kleinen, stumpfen Wärzchen besetzt. Diese kleinen hyalinen Wärzchen oder Höckerchen hatten meistens Kegel- oder Halbkugelform. Sie entstanden und vergingen in raschem Wechsel, so dass man sie wohl als »Nebenpseudopodien« bezeichnen kann, im Gegensatz zu den grossen und starken »Hauptpseudopodien«, deren Oberfläche sie bedeckten. Die Bewegungen dieser merkwürdigen Protamoeba waren sehr lebhaft, und geschahen eigenthümlich ruckweise, indem das sphäroidale Protist sich auf den vorstehenden Höckern rollend fortwälzte, fast wie ein Seeigel auf seinen Stacheln.

Von einem Kern oder einer contractilen Blase war auch bei dieser Protamoeba keine Spur vorhanden. Nahrungsaufnahme habe ich nicht beobachtet, wohl aber zweimal Fortpflanzung durch Theilung (Fig. 10 *B*, *C*). Die sich theilenden Individuen bildeten in der Mitte eine ringförmige Einschnürung. Das körnige dunkle Endosark strömte in entgegengesetzter Richtung ziemlich heftig in die beiden aus einander tretenden Hälften hinein (10 *B*) und die hyaline Brücke von Ectosark, welche beide Stücke noch kurze Zeit zusammenhielt, zerriss. Die beiden Kinder begannen sofort in derselben sonderbaren Weise fortzurollen, wie ihr elterlicher Organismus. Ich benenne diese neue Protamoeben-Form zu Ehren meines Freundes Max Schultze.

IV. Protamoeba polypodia.

(Taf. II, Fig. 11.)

In dem schmutzigen und stinkenden Wasser, welches die tief eingeschnittenen kleinen Buchten des Hafens von Bergen, zwischen den

Digitized by

Häuserreihen, erfüllt, beobachtete ich einige Male die in Fig. 11 abgebildete Moneren-Form. Dieselbe hat so auffallende Aehnlichkeit mit dem von Max Schultze als Amoeba polypodia[1]) beschriebenen Organismus, dass man an der Identität beider Formen wohl kaum zweifeln kann. Max Schultze fand dieselbe im Lagunenwasser von Venedig, und bemerkt dazu: »Durch die zahlreichen langen, schmalen, abgestumpften, hyalinen Fortsätze ausgezeichnet, welche sich ziemlich lebhaft bewegen.« Auch an den von mir in Bergen beobachteten Formen war die Bewegung der Pseudopodien ziemlich lebhaft. Sie krümmten und streckten, verlängerten und verkürzten sich, während die Protamoeba auf dem Objectträger fortkroch.

Der Durchmesser des Körpers mit ausgestreckten Pseudopodien betrug ungefähr 0,1 Mm., wovon etwa der dritte Theil auf die ungetheilte mittlere Körpermasse und eben so viel auf die grösseren Pseudopodien kam. Die Zahl der letzteren betrug gewöhnlich zwischen 15 und 30. Die Pseudopodien waren dünn cylindrisch, bei der ansehnlichen Länge von 0,02—0,04 Mm. nur 0,002 Mm. dick, am Ende stumpf abgerundet. Gewöhnlich waren sie unverästelt, seltener an der Basis gabeltheilig, sehr selten mehrfach getheilt. Sie bestanden immer bloss aus dem hyalinen körnchenlosen Ectosark, welches ohne scharfe Grenze in das körnige, weiche Endosark der centralen Leibesmasse überging.

Da jede Spur von Kern in dem Körper dieser Cytoden fehlt, kann man sie nicht als echte Amoeben betrachten. Diese sind immer kernhaltig, also echte Zellen. Um jedoch die A. polypodia mit voller Sicherheit als eine echte Protamoeba anzusehen, würde man allerdings erst die Fortpflanzung durch Theilung kennen müssen, die bisher nicht beobachtet wurde. Auch Nahrungsaufnahme habe ich nicht beobachtet. Doch bildet Max Schultze im Innern der venetianischen Form eine Bacillarie ab.

Ausser der A. polypodia sind vielleicht auch noch zwei andere, von Max Schultze entdeckte und als Amoeben beschriebene Protisten in die Gattung Protamoeba zu versetzen, nämlich die A. globularis (l. c. Taf. VII, Fig. 20) und die ebendaselbst in Fig. 19 abgebildete Amoebe, welche man als P. limbosa bezeichnen könnte. Weder Kern noch contractile Blase ist in der Abbildung wahrzunehmen. Da jedoch die Fortpflanzung dieser beiden Formen nicht beobachtet wurde, bleibt ihre systematische Stellung einstweilen noch zweifelhaft.

---

1) Max Schultze, Ueber den Organismus der Polythalamien. Leipzig 1854. Taf. VII, Fig. 21.

4. Die Moneren und die Urzeugung.

Unter den vielen Fragen von allgemeinerer Bedeutung und grösserer Tragweite, welche DARWIN's Reform der Descendenztheorie neu angeregt oder ihrer Entscheidung genähert hat, ist eine der wichtigsten und zugleich schwierigsten die Frage von der Urzeugung. Zwar hat DARWIN dieselbe in seinem Werke gar nicht berührt, vielmehr ausdrücklich erklärt, dass er »Nichts mit dem Ursprung des Lebens zu schaffen habe«. Indessen muss natürlich jeder denkende Leser seines Buches die Frage aufwerfen, woher denn die »erste einfachste Urform« komme, aus der alle übrigen organischen Formen nach DARWIN's Selectionstheorie abgeleitet werden können. Auch beweist die lebhafte und allgemeine Theilnahme, welche seitdem wieder für die Urzeugungshypothese allerseits sich geltend macht, zur Genüge, in welchem innigen Zusammenhange dieselbe mit der Descendenztheorie steht.

In der That ist die Theorie der Urzeugung ein nothwendiger und integrirender Bestandtheil der universalen Entwickelungstheorie. Sie ist die natürliche Brücke, welche die KANT-LAPLACE'sche Theorie von der mechanischen Entstehung des Weltgebäudes und der Erde continuirlich verbindet mit der LAMARCK-DARWIN-schen Theorie von der mechanischen Entstehung der Thier- und Pflanzen-Arten. Wenn wir einerseits in dem gesammten Entwickelungsgang der anorganischen Natur, in der Entstehung der Sonnensysteme mit ihren verwickelten Planetenbahnen, der Erdrinde mit ihren Meeren, Gebirgen u. s. w., andererseits aber in dem gesammten Entwickelungsgang der organischen Natur, in der Entstehung aller der mannichfaltigen Organismen aus einer einfachsten Stammform, überall ein und dasselbe grosse Gesetz continuirlicher Entwickelung, überall ein und dasselbe allmächtige Causalgesetz, das natürliche Gesetz des nothwendigen Zusammenhanges von Ursache und Wirkung walten sehen, so sind wir durch die logischen Gesetze unseres Denkens gezwungen, auch für den einzigen dunkeln Punkt in diesem ganzen Entwickelungsgang, für die Entstehung jener einfachsten organischen Stammform einen natürlichen Vorgang, kein unnatürliches Wunder, keinen übernatürlichen Schöpfungsact anzunehmen. Dieser natürliche Vorgang, mag man denselben sich im Einzelnen noch so verschieden vorstellen, ist nichts Anderes als die Urzeugung, d. h. die Entstehung einfachster Organismen aus sogenannter lebloser anorganischer Materie.

Bis in die neueste Zeit hinein ist die Lehre von der Urzeugung von der grossen Mehrzahl der Naturforscher, die sich damit beschäftigten, ungemein unverständig und roh behandelt worden. Statt sich zunächst

Digitized by Google

die Bedeutung der Frage nach allen Richtungen hin theoretisch klar zu machen, und die sehr verwickelte Natur derselben gehörig zu erörtern, hat man sich sofort auf das Experimentiren gestürzt, und von diesem Antworten verlangt, noch ehe man gehörig Fragen gestellt hatte. Die Art und Weise, wie dies geschah, ist allbekannt. Nachdem man in höchst künstlich dargestellten Apparaten, nach Anwendung aller möglichen künstlichen Maassregeln, keine Organismen in der Versuchsflüssigkeit hatte entstehen sehen, glaubte man ohne Weiteres die ganze Lehre widerlegt zu haben und kam zu dem höchst unüberlegten Schlusse: »Es giebt keine Urzeugung.« Und doch konnten alle jene berühmten Experimente von Pasteur u. s. w. weiter gar Nichts beweisen, als dass in jenem speciellen Falle, unter jenen höchst künstlichen und verwickelten Bedingungen, keine Organismen durch Urzeugung entstanden seien.

In der ausführlichen Kritik der Urzeugung, die ich im sechsten Capitel der generellen Morphologie gegeben habe, glaube ich zur Genüge das völlig Werthlose aller jener vielbewunderten Experimente nachgewiesen, und gezeigt zu haben, dass man diese Frage ganz anders behandeln müsse. Positiv widerlegen lässt sich die Hypothese der Urzeugung überhaupt niemals. Positiv bewiesen ist dieselbe insofern bisher auch nicht, als man noch niemals Organismen ohne elterliche Zeugung wirklich hat entstehen sehen. Aber durch meine angeführte Erörterung glaube ich allerdings gezeigt zu haben, dass gegenwärtig (Dank unseren biologischen Fortschritten in dem letzten Decennium!) die Urzeugung als Hypothese nicht mehr die theoretischen Schwierigkeiten besitzt, welche sie uns früher entgegenstellte.

Nichts ist in dieser Beziehung wichtiger als die Entdeckung der Moneren. Bevor wir diese einfachsten — nicht nur wirklich einfachsten, sondern auch denkbar einfachsten! — Organismen kannten, musste immer die Vorstellung der Urzeugung schon daran scheitern, dass wir uns den Organismus, auch den einfachsten, nur denken konnten als ein aus differenten Formbestandtheilen zusammengesetztes Ganze. Selbst die einfachste »Urzelle«, die man gewöhnlich als die erste Stufe in der langen Stufenleiter der organischen Wesen betrachtete, war doch schon ein »Elementar-Organismus«, zusammengesetzt aus zwei, chemisch, physikalisch und morphologisch differenten Bestandtheilen, aus dem inneren Nucleus und dem äusseren Protoplasma. Die Entstehung einer solchen kernhaltigen Plastide unmittelbar durch Urzeugung ist schwer denkbar.

Ganz anders liegt die Sache jetzt, wo wir in den Moneren Organismen kennen gelernt haben, deren ganzer Körper einer nackten kern-

Digitized by Google

losen Plastide, also einer einfachsten Cytode oder Celline entspricht. Der ganze Körper, soweit er der Erforschung mit unsern feinsten optischen und chemischen Untersuchungsmitteln zugänglich ist, besteht bei diesen Moneren aus einer durchaus homogenen Substanz, einer structurlosen Eiweissverbindung, und dieser denkbar einfachste Protoplasma-Körper ist noch dazu an sich ganz formlos. Die Form, welche er in jedem Augenblick zeigt, ist erst Product der Aussenwelt, ist erst durch Anpassung an die Existenzbedingungen der Aussenwelt entstanden! Bei den einfachsten Moneren, bei den Protamoeben und Protogenes, giebt es eigentlich auch noch gar keine individuelle Entwickelungsgeschichte, keine wahre Ontogenie der Form. Die ganze Entwickelung derselben ist einfachstes Wachsthum, wie bei den anorganischen Krystallen, und wenn dieses Wachsthum durch Ernährung einen gewissen Grad erreicht hat, zerfällt der Körper, dessen Molekeln nicht Cohäsionskraft genug mehr besitzen, um die ganze Masse zusammenzuhalten, in zwei Stücke. Aus einem Individuum sind durch Selbsttheilung zwei neue geworden.

Man kann sich in der That diesen einfachsten Fortpflanzungsprocess der Protamoeben und Protogenes ganz mechanisch vorstellen und auf die Cohäsions-Verhältnisse der Protoplasma-Molekeln physikalisch zurückführen. Das Wachsthum des einfachen Plasma-Stückchens ist ein rein physikalischer Process, so gut wie das Wachsthum jedes Krystalles. Der wichtigste Unterschied zwischen beiden, dass das Wachsthum des anorganischen Krystalles durch Apposition von aussen, das Wachsthum des organischen Moneres durch Intussusception nach innen geschieht, ist einfach durch den festen Aggregatzustand des ersteren, durch den festflüssigen Zustand des letzteren bedingt. In Folge dessen kann auch, aus den einfachsten mechanischen Gründen, beim Krystalle keine Fortpflanzung stattfinden. Beim Moner dagegen muss dieselbe eintreten, sobald die begrenzte Cohäsionskraft der im Imbibitionszustande befindlichen Plasma-Molekeln nicht mehr ausreicht, die ganze Masse des Körpers zusammen zu halten. Die wichtigsten Lebenserscheinungen der Moneren liessen sich so auf die einfachste Weise mechanisch erklären, d. h. auf physikalisch-chemische Ursachen zurückführen. Alle übrigen Erscheinungen würden erst durch spätere Anpassung sich erklären lassen.

Wenn wir nun für diese Moneren eine ursprüngliche phyletische Entstehung durch Urzeugung annehmen, so handelt es sich bloss noch um die Frage: Wie entsteht das chemische Substrat ihres Körpers, die homogene Protoplasma-Substanz, welche allein denselben zusammensetzt? Durch die neueren Fortschritte der synthetischen Chemie haben

Digitized by

wir schon so viele und verwickelte Kohlenstoff-Verbindungen in unseren Laboratorien künstlich zusammensetzen gelernt, dass die Annahme durchaus gerechtfertigt erscheint, ähnliche Verbindungen und zwar eiweissartige Verbindungen können sich auch frei in der Natur bilden. Gewiss mit Recht dürfen wir in dieser Beziehung dem grossen chemischen Laboratorium der Natur noch Etwas mehr zutrauen, als unsern künstlichen Laboratorien, in denen wir im Grunde doch immer nur mit höchst beschränkten Mitteln arbeiten. Wenn man uns entgegenhält, dass wir wirklich noch keine echten Eiweiss-Verbindungen, und namentlich kein lebensfähiges Protoplasma künstlich haben darstellen können, so beweist dies gar Nichts gegen unsere Ansichten. Denn eben so wenig sind wir bisher im Stande gewesen, eine Menge von verschiedenen Mineralien künstlich herzustellen, wie z. B. Feldspath, Flussspath, Schwerspath, Augit u. s. w. Auch diese anorganischen Krystalle können wir der Natur nicht »nachmachen«. Wenn man daher in jenem Umstande irgend einen Anhaltpunkt finden will für die unwissenschaftliche dualistische Annahme, dass die ersten Organismen durch »Schöpfung« auf übernatürlichem Wege entstanden seien, so muss man eine eben solche »Schöpfung« für alle die genannten und viele andere Mineralien annehmen, die wir in unseren Laboratorien nicht künstlich darstellen können. Die ganze Welt zerfällt nach dieser weit verbreiteten Logik in zwei Abtheilungen:

I. Natürliche Welt: Die einfacheren Verbindungen der Elemente (Metalle und Metalloide), z. B. Wasser, Oxyde, Säuren, die Mehrzahl der Salze und überhaupt alle künstlich darstellbaren »anorganischen Verbindungen«, aber auch die Kohlensäure, Kohlenwasserstoffe und andere einfachere Kohlenstoff-Verbindungen, z. B. Alkohol, Essigsäure etc., welche wir alle künstlich aus den Elementen darstellen können. Alle diese Körper sind durch »Urzeugung«, d. h. auf natürlichem mechanischen Wege, lediglich durch Zusammenwirken der den Stoffen innewohnenden physikalischen und chemischen Kräfte entstanden.

II. Uebernatürliche Welt: Feldspath, Flussspath, Schwerspath, Augit und alle anderen Mineralien, welche wir nicht künstlich durch Synthese der Elemente darstellen können, ferner alle die verwickelteren (organogenen) Kohlenstoff-Verbindungen (Eiweisskörper, Kohlenhydrate, Chitin, etc.) bei denen eine solche »künstliche« Darstellung aus den Elementen ebenfalls bis jetzt nicht gelungen ist. Alle diese Körper sind durch «Schöpfung«, d. h. auf übernatürlichem Wege, durch ausserhalb der Körper befindliche, mystische Schöpferkräfte entstanden.

Für den wahrhaft philosophisch gebildeten Naturforscher bedarf es

Digitized by Google

keines Hinweises darauf, dass diese Anschauungen eben so unhaltbar sind, wie jede Annahme einer »Schöpfung« überhaupt. Dagegen ist die Annahme einer Urzeugung für die ersten lebenden Wesen, aus denen sich alle übrigen entwickelt haben, ein logisches Postulat der menschlichen Vernunft.

Dass wir die Urzeugung von Moneren bisher noch nicht wirklich beobachtet haben, ist eigentlich nicht im Geringsten zu verwundern. Denn wie ich wiederholt hervorgehoben habe, würde dieser Process, selbst wenn er alltäglich und allstündlich stattfände, äusserst schwierig zu beobachten sein. Sehr kleine formlose Protoplasma-Klümpchen findet man massenhaft sowohl im Meere als in den süssen Gewässern vor, sobald man nur aufmerksam danach sucht. Der Mikroskopiker, welcher dieselben zufällig findet, beachtet sie nicht oder hält sie für zerstörte Fragmente von Organismen, die in der Auflösung begriffen sind. Wo ist aber der Beweis für diese Ansicht? Und wer wird den klaren Beweis zu führen sich getrauen, dass diese überall zu findenden kleinen Partikelchen von Protoplasma nicht durch Urzeugung entstanden sind? Nehmen wir an, dass wirklich die Urzeugung derselben noch heutzutage fortdauere, nehmen wir an, dass sie weder selten noch in beschränktem Maassstabe stattfindet, so wird sie dennoch äusserst schwierig direct zu beobachten und zu verfolgen sein. Die erste Entstehung eines Protoplasma-Körnchens in einer Flüssigkeit, welche die zur Urzeugung erforderlichen Bedingungen enthält, wird eben so momentan erfolgen und eben so schwer durch directe Beobachtung zu verfolgen sein, wie die erste Entstehung eines Krystalles in seiner Mutterlauge. Und nicht minder schwierig wird nachher die Beobachtung der langsamen Wachsthumsvorgänge sein, durch welche sich die äusserst kleinen, kaum wahrnehmbaren Plasma-Partikelchen zu den grösseren Plasma-Körpern der Protamoeben etc. gestalten!

Unter allen bis jetzt bekannten Moneren ist vielleicht Bathybius für die Hypothese der Urzeugung von der grössten Bedeutung. Die ungeheueren Massen von nacktem lebenden Protoplasma, welche nach Huxley's denkwürdiger Entdeckung die tiefsten Abgründe des Meeres bedecken, und die ich in den »Beiträgen zur Plastidentheorie« näher beschrieben habe, machen die Annahme, dass die Urzeugung auch jetzt noch beständig fortdauert, wahrscheinlicher, als irgend eine andere bis jetzt bekannt gewordene Thatsache. Denn wovon sollen wir sonst diese Protoplasma-Decken des tiefsten Meeresgrundes ableiten? Welchen anderen Ursprungs-Quell sollen wir für sie aufsuchen?

Vergessen wir nicht, dass wir uns angesichts der heute noch lebenden Moneren, und namentlich angesichts des Bathybius, in folgende

Digitized by Google

Alternative versetzt finden: Entweder sind Moneren nur einmal, im Beginn des organischen Lebens auf der Erde, durch Urzeugung entstanden, — und dann müssten sich dieselben in gerader Linie seit vielen Millionen Jahren unverändert bis auf den heutigen Tag fortgepflanzt haben. Oder es sind Moneren mehrmals im Verlaufe der organischen Erdgeschichte, durch wiederholte Urzeugungs-Acte entstanden — und dann ist nicht abzusehen, warum dieser Process nicht auch heute noch fortdauern soll. Bei unbefangener und vorurtheilsloser Erwägung aller der verwickelten Verhältnisse, die hierbei in Frage kommen, wird man finden, dass die letztere Annahme weniger theoretische Schwierigkeiten hat, als die erstere. Auf jeden Fall aber bahnen uns die heute noch lebenden Moneren den Weg für ein richtiges Verständniss von dem Ursprung des Lebens, und räumen die wichtigsten Schwierigkeiten aus dem Wege, die bisher für die Hypothese der Urzeugung noch bestanden.

5. Systematisches Verzeichniss aller bisher beobachteten Moneren.

Erste Gruppe: Gymnomonera.

Moneren ohne Ruhezustand und Hüllenbildung.

Genus:	Species:		
I. Protamoeba:	1. P. primitiva	1866.	Süsswasser bei Jena H.
	2. P. simplex	1869.	Süsswasser bei Jena H.
	3. P. agilis	1869.	Süsswasser bei Jena H.
	4. P. Schultzeana	1869.	Nordsee bei Bergen H.
	5. P. polypodia	1869.	Nordsee bei Bergen H. (und Lagunen von Venedig? Schultze).
II. Protogenes:	6. P. primordialis	1864.	Mittelmeer bei Nizza H.
III. Bathybius:	7. B. Haeckelii	1868.	Atlantischer Ocean in grossen Tiefen und weiter Verbreitung (Huxley).
IV. Myxodictyum:	8. M. sociale	1867.	Meerenge von Gibraltar H.

Zweite Gruppe: Lepomonera.

Moneren mit Ruhezustand und Hüllenbildung.

V. Protomonas:	9. P. amyli	1865.	Süsswasser in Deutschland (Cienkowski).
	10. P. Huxleyi	1869.	Nordsee bei Bergen H.
VI. Protomyxa:	11. P. aurantiaca	1867.	Canarisches Meer bei Lanzerote H.
VII. Vampyrella:	12. V. Spirogyrae	1865.	Süsswasser in Deutschland (Cienkowski).

Digitized by Google

Genus:	Species:		
VII. Vampyrella	13. V. pendula	1865.	Süsswasser in Deutschland (CIENKOWSKI).
	14. V. vorax	1865.	Süsswasser in Deutschland (CIENKOWSKI).
	15. V. Gomphonematis	1869.	Nordsee bei Bergen H.
VIII. Myxastrum	16. M. radians	1867.	Canarisches Meer bei Lanzerote H.

Schlussbemerkung.

Die Classe der Moneren, welche ich 1866 in der generellen Morphologie zuerst als eine besondere, und zwar als die denkbar niederste Classe von Organismen, unterschieden habe, enthält demnach schon jetzt (bis zum Anfang des Jahres 1870) acht verschiedene Gattungen mit sechzehn Arten. Von diesen Species leben sieben im süssen Wasser (3 Arten Protamoeba, 1 Art Protomonas, 3 Arten Vampyrella). Die neun anderen Arten leben im Meere, und zwar zwei Arten im Mittelmeere (1 Protogenes, 1 Myxodictyum), zwei Arten im canarischen Meere (1 Protomyxa, 1 Myxastrum), eine Art weit verbreitet in den grossen Tiefen des atlantischen Oceans (und wahrscheinlich über die ganze Erde), Bathybius, und endlich vier Arten in der Nordsee (2 Species Protamoeba, 1 Protomonas, 1 Vampyrella). Von diesen sechzehn Moneren-Arten sind elf von mir selbst beobachtet worden, vier von CIENKOWSKI, eine von HUXLEY. Dazu sind mit Wahrscheinlichkeit (aber nicht mit voller Sicherheit) noch zwei Protamoeben-Arten zu rechnen, welche MAX SCHULTZE früher im adriatischen Meere beobachtet und als Amoeben beschrieben hat (A. globularis und A. limbosa). Höchst wahrscheinlich ist auch die von ihm bei Venedig beobachtete A. polypodia mit der von mir bei Bergen beobachteten Protamoeba identisch. Wahrscheinlich leben noch viel zahlreichere Moneren-Arten weit verbreitet in allen Gewässern.

Erklärung der Tafel II.

Fig. 1—4. Vampyrella Gomphonematis.

Fig. 1. Ein Stöckchen von Gomphonema, welches auf einem Campanularia-Stocke aufsass. Das Gomphonema-Stöckchen wird von zahlreichen Individuen der Vampyrella geplündert. *a*. Die encystirte Vampyrella. *b*. Dieselbe in vier Sporen (Tetrasporen) zerfallen. *c*. Eine Cyste, aus welcher eben eine Vampyrella ausschlüpft und auf einem Gompho-

Digitized by Google

nema-Ast weiter kriecht; zwei andere Sporen sind schon ausgekrochen; die vierte liegt noch bewegungslos in der Cyste. *d*. Tetrasporen. *e*. Auskriechende Vampyrella. *f*. Eine Vampyrella, welche eine Kieselzelle (*g*) frisst. *h*. Die entleerte Kieselzelle wird ausgestossen. *i*. Eine Kieselzelle von der schmalen Seite. Vergr. 350.

Fig. 2. Zwei Kieselzellen von Gomphonema, überzogen von einer Vampyrella, die in ihr Inneres einzudringen beginnt. Vergr. 700.

Fig. 3. Eine isolirte Vampyrella, frei beweglich mit ausgestreckten Pseudopodien. Vergr. 700.

Fig. 4. Eine encystirte Vampyrella, welche in vier Tetrasporen zerfallen ist. Vergr. 700.

Fig. 5—8. Protomonas Huxleyi.

Fig. 5. Eine cylindrische Diatomee, Rhizosolenia, welche vier Cysten (*c*) von Protomonas trägt. Eine Cyste (*a*) enthält eine ungetheilte Protoplasma-Kugel. Die drei anderen Cysten enthalten kugelige nackte Cytoden (Sporen, *b*). Die eine Cyste ist durch Druck gesprengt, und es treten die Schwärmsporen aus, welche mit einer sehr langen und zarten Geissel versehen sind. Vergr. 700.

Fig. 6 *A—D*. Vier Schwärmsporen, welche in amoeboide Cytoden übergegangen sind und feine spitze Pseudopodien vorstrecken. Verg. 700.

Fig. 7. Zwei amoeboide Cytoden, welche durch ein feines Pseudopodium zusammenhängen. Vergr. 700.

Fig. 8. Eine amoeboide Cytode, welche zahlreiche feine Fortsätze getrieben und sich fast actinophrysartig ausgebreitet hat. Vergr. 700.

Fig. 9. Protamoeba agilis.

A—F. Verschiedene Contractionszustände. *G*, *H*. Zwei Individuen in Theilung begriffen. Vergr. 420.

Fig. 10. Protamoeba Schultzeana.

A. Ein sehr grosses Individuum.
B. Dasselbe in Quertheilung begriffen.
C und *D*. Die beiden, aus der Theilung hervorgegangenen jungen Individuen. Vergr. 420.

Fig. 11. Protamoeba polypodia.

(Amoeba polypodia, Max Schultze). Vergr. 700.

Fig. 12. Protamoeba simplex.

A. Ein fast kugeliges Individuum.
B. Ein lappig ausgebreitetes Individuum. Vergr. 250.

Digitized by Google

Ueber die flüchtigen Säuren des Crotonöls.

Von

A. Geuther und O. Froelich.

Um die aus Aethyldiacetsäure künstlich darstellbaren Säuren von der Zusammensetzung $C^4H^6O^2$, insbesondere die Quartenylsäure, mit der nach SCHLIPPE [1]) im Crotonöl natürlich vorkommenden und von ihm unter dem Namen Crotonsäure beschriebenen Verbindung einer genauen Vergleichung zu unterwerfen, wurde die letztere in grösserer Menge darzustellen versucht.

Vier Pfund bestes Crotonöl [2]) wurden zu diesem Zwecke mit starker Natronlauge verseift und nach Entfernung der braunen Seife die schwarze Unterlauge, mit Schwefelsäure übersättigt, in einer kupfernen Blase der Destillation unterworfen. Das wässerige Destillat, in welchem Oeltheilchen schwammen, wurde mit Soda neutralisirt, bis auf ein geringes Volumen eingedampft und dann mit Schwefelsäure übersättigt. Die sich dabei ausscheidenden öligen Säuren wurden von der Flüssigkeit getrennt und letztere noch durch mehrmaliges Schütteln mit alkoholfreiem Aether ausgezogen. Der Aether wurde zu der ölig abgeschiedenen Säure-Menge gefügt, die ätherische Lösung mit Chlorcalcium entwässert und dann im Wasserbade vom Aether befreit. Es blieben 44 Grm. eines braun gefärbten Oels zurück, welches zur vorläufigen Reinigung einmal destillirt wurde. Das Thermometer stieg dabei rasch auf 115° und von da allmählich höher bis auf 270°, während in der Retorte nur noch wenig einer schwarzen schmierigen Masse zurückblieb.

Die ganz allmählich und ziemlich gleichmässig steigende Siedetemperatur deutete auf ein Gemisch von mehreren Säuren. Nach häufig

---

1) Ann. der Chem. u. Pharm. CV. 19.

2) Von Hrn. H. TROMMSDORFF in Erfurt bezogen.

Digitized by Google

wiederholter fractionirter Destillation wurde die Flüssigkeit in folgende vier Portionen getheilt:

	I.	II.	III.	IV.
Siedep.	115—160°;	160—190°;	190—205°;	205—270°.

Wir glaubten, auf SCHLIPPE's Untersuchungen hin, in der zweiten Portion noch nicht vollständig reine Crotonsäure und in der dritten, welche beim Erkalten krystallinisch erstarrte, Angelicasäure vor uns zu haben. Dem war indess nicht so, wie die weitere Untersuchung zeigte.

Um zunächst die Crotonsäure nach SCHLIPPE zu erhalten, wurde die zweite Portion wiederholt fractionirt und der zwischen 164 und 170° übergehende Theil derselben, in der Erwartung, dass er Quartenylsäure, deren corr. Siedepunkt bei 171°,9 liegt, enthalten könnte, zunächst einmal analysirt, obwohl er noch sichtlich sich in ein nieder- und in ein höhersiedendes Product zerlegen liess.

0,1734 Grm. dieser Fraction gaben 0,3664 Grm. Kohlensäure, entspr. 0,099927 Grm. = 57,6 Proc. Kohlenstoff und 0,1503 Grm. Wasser, entspr. 0,016700 Grm. = 9,7 Proc. Wasserstoff.

Diese Zahlen, welche nahezu mit der Zusammensetzung der Baldriansäure übereinstimmen, resp. einer durch Buttersäure verunreinigten Säure, beweisen auf das Entschiedenste, dass eine Säure der Oelsäure-Reihe hier nicht vorliegt, wie die folgende Zusammenstellung zeigt:

	ber.	gef.	ber.	
C^5	= 58,8	57,6	55,8 =	C^4
H^{10}	= 9,8	9,7	7,0 =	H^6
O^2	= 31,4	—	37,2 =	O^2
	100,0		100,0.	

Nach fortgesetzter Rectification der zweiten Portion wurde die Fraction von 172—175°, bei welcher Temperatur der Hauptheil destillirte, besonders gesammelt und analysirt.

0,1299 Grm. gaben 0,2796 Grm. Kohlensäure, entspr. 0,076254 Grm. = 58,7 Proc. Kohlenstoff und 0,1173 Grm. Wasser, entspr. 0,013033 Grm. = 10,0 Proc. Wasserstoff.

	ber.	gef.
C^5	= 58,8	58,7
H^{10}	= 9,8	10,0
O^2	= 31,4	—
	100,0.	

Nach diesen Zahlen war das analysirte Product also fast ganz reine Baldriansäure, mit welcher es auch in seinen übrigen Eigenschaften übereinstimmte.

by Google

Es lag nun nahe zu vermuthen, dass in der ersten Portion (115—160°) noch niedere Glieder der Fettsäure-Reihe, namentlich Buttersäure, enthalten sein möchten. Die folgende Untersuchung ergab dies in der That, ausser Buttersäure konnte noch Essigsäure, nicht aber Propionsäure nachgewiesen werden.

Da durch fractionirte Destillation eine Reindarstellung der Essigsäure und Buttersäure bei der verhältnissmässig geringen Menge von Material nicht ermöglicht werden konnte, so wurde zu ihrer Trennung die Liebig'sche Methode der theilweisen Neutralisation [1]) angewendet. Zu dem Ende wurde ein Drittel des wohl gemischten Destillats von 115—130° genau mit Natriumcarbonat neutralisirt, die übrigen zwei Drittel dazu gefügt, die Lösung wiederholt durchgeschüttelt und möglichst weit abdestillirt. Der Rückstand wurde dann mit Natriumcarbonat genau neutralisirt, zur Trockne gebracht und mit absol. Alkohol in der Kälte ausgezogen. Da die so erhaltene Salzmenge nach der damit ausgeführten Natriumbestimmung (I) offenbar noch buttersaures Natrium enthielt, wurde dieselbe mit wenig absol. Alkohol übergossen und der sich nicht lösende Theil nochmals analysirt (II).

I. 0,1607 Grm. des bei 135° getrockneten Salzes gaben 0,0965 Grm. Natriumcarbonat, entspr. 0,041877 Grm. = 26,1 Proc. Natrium.

II. 0,1202 Grm. getrocknetes und vorsichtig geschmolzenes Salz — durch das Schmelzen hatte nur 0,0007 Grm. Verlust Statt — gaben 0,0753 Grm. Natriumcarbonat, entspr. 0,032678 Grm. = 27,2 Proc. Natrium.

	ber.	gef. I.	gef. II.
$C^2H^3O^2$ =	72,0	—	—
Na =	28,0	26,1	27,2
	100,0.		

Man sieht aus diesen Zahlen, dass das analysirte Salz II. auch noch nicht ganz reines Acetat war, sondern noch eine Kleinigkeit eines Salzes mit geringerem Natriumgehalt, nämlich buttersaures Salz, beigemengt enthielt.

Zu einer weiteren Reinigung fehlte es indessen an Material. Mit dem Reste desselben wurde die Ferrisalzreaction sowohl als die Reaction mit Alkohol und Schwefelsäure vorgenommen.

Die Menge der im Oel ursprünglich enthaltenen Essigsäure mag im Verhältniss zu den anderen Säuren keine kleine gewesen sein. Ein Theil derselben war aber nach dem Uebersättigen der zuerst gewonnenen

1) Ann. der Chem. u. Pharm. LXXI. 356.

Natriumsalzlösung mit Schwefelsäure und Ausziehen mit Aether offenbar in der wässerigen Lösung geblieben und diese war zu einer Zeit, da uns die Unrichtigkeit der Schlippe'schen Angaben noch nicht bekannt war, als für die Darstellung der Crotonsäure nicht weiter brauchbar weggegossen worden.

Die Gegenwart von Buttersäure wurde zunächst durch die beiden Elementaranalysen wahrscheinlich gemacht:

I. 0,1985 Grm. der zwischen 162 und 165° siedenden Fraction des Säure-Gemisches gaben 0,4107 Grm. Kohlensäure, entspr. 0,112009 Grm. = 56,4 Proc. Kohlenstoff und 0,1738 Grm. Wasser, entspr. 0,019311 Grm. = 9,7 Proc. Wasserstoff.

II. 0,1957 Grm. des zwischen 156 und 160° destillirenden Theils gaben 0,3996 Grm. Kohlensäure, entspr. 0,108982 Grm. = 55,7 Proc. Kohlenstoff und 0,1686 Grm. Wasser, entspr. 0,018733 Grm. = 9,6 Proc. Wasserstoff.

	ber.	gef. II.	gef. I.	ber.	
C^4 =	54,5	55,7	56,4	58,8	= C^5
H^8 =	9,1	9,6	9,7	9,8	= H^{10}
O^2 =	36,4	—	—	31,4	= O^2
	100,0			100,0.	

Diese Zahlen zeigen, dass das niedriger siedende Product hauptsächlich aus Buttersäure und nur wenig Valeriansäure bestand, das höher siedende dagegen nahezu gleichviel Buttersäure und Valeriansäure enthielt. Durch fractionirte Destillation wie auch nach der von Liebig angegebenen Methode[1]) konnte valeriansäurefreie Buttersäure nicht erhalten werden. Die Trennung gelang dagegen durch die Aetherification der von 150—170° siedenden Säure. Der nach wiederholter Destillation constant bei 119—121° siedende Theil des mit Hülfe von Chlorwasserstoff und Alkohol dargestellten Aethergemisches erwies sich bei der Analyse als fast ganz reiner Buttersäure-Aether, wie die folgenden Zahlen zeigen:

0,1888 Grm. gaben 0,4313 Grm. Kohlensäure, entspr. 0,117627 Grm. = 62,3 Proc. Kohlenstoff und 0,1805 Grm. Wasser, entspr. 0,020056 Grm. = 10,6 Proc. Wasserstoff.

	ber.	gef.
C^6 =	62,1	62,3
H^{12} =	10,3	10,6
O^2 =	27,6	—
	100,0.	

1) Ann. der Chem. u. Pharm. LXXI. 355.

Digitized by Google

Die in der dritten Portion (190—205°) enthaltene krystallisirte Säure, welche nahezu die ganze Menge derselben ausmacht, besitzt allerdings die Zusammensetzung der Angelicasäure, wie SCHLIPPE aus einer Silberbestimmung des Silbersalzes ableitete, ist aber nicht mit derselben identisch. Durch mehrmaliges Umkrystallisiren aus Wasser wird sie von anhängender ölförmiger Säure befreit. Sie bildet wasserhelle rhombische Tafeln und Säulen, welche bei 61° anfangen an den Kanten durchsichtig und flüssig zu werden, vollständig jedoch erst bei 64° zu einem klaren Oel schmelzen, das allmählich zwischen 60 und 58° wieder erstarrt. Sie siedet bei 201°,1 [corr.] und destillirt ohne Zersetzung. Der Geruch der reinen Säure ist angenehm gewürzhaft, ihr Geschmack sehr sauer.

Die gewonnene Menge reiner Säure betrug 12 Grm.

0,2177 Grm. der im Platinschiffchen geschmolzenen und über Schwefelsäure getrockneten Säure gaben 0,4794 Grm. Kohlensäure, entspr. 0,130746 Grm. = 60,1 Proc. Kohlenstoff und 0,1613 Grm. Wasser, entspr. 0,017922 Grm. = 8,2 Proc. Wasserstoff.

	ber.	gef.
C^5 =	60,0	60,1
H^8 =	8,0	8,2
O^2 =	32,0	—
	100,0.	

Dieser Säure kommt also die Formel der Angelicasäure zu, von der sie sich durch einen höheren Schmelz- und Siedepunkt — die Angelicasäure schmilzt bei 45° und siedet bei 190° — unterscheidet. Wir bezeichnen dieselbe vorläufig mit dem Namen Tiglinsäure. Es ist möglich, dass sie mit der von FRANKLAND und DUPPA dargestellten sogen. »Methylcrotonsäure«[1]) identisch ist. Diese letztere schmilzt bei 62° (ihr Siedepunkt ist nicht bekannt), ihr Aether hat den gleichen Siedepunkt und ihr Silbersalz dieselben Eigenschaften.

Der Tiglinsäure-Aethyläther, $C^5H^7O^2.C^2H^5$, besitzt den corr. Siedepunkt 156°, denselben, welchen FRANKLAND und DUPPA vom Methylcrotonsäure-Aether angeben, und bei 21° das spec. Gewicht 0,926. Er ist wie dieser eine farblose, durchsichtige, im Wasser unlösliche Flüssigkeit. Sein Geruch ist eigenthümlich aromatisch, aber durchaus nicht unangenehm, wie FR. und D. vom sogen. Methylcrotonsäure-Aether angeben, welcher »einen unerträglichen und sehr hartnäckigen Geruch nach abgewelkten Pilzen« besitzen soll.

0,1885 Grm. des bei 153—155° [uncorr.] siedenden Hauptheils

1) Ann. der Chem. u. Pharm. CXXXVI. 10.

Digitized by Google

gaben 0,4510 Grm. Kohlensäure, entspr. 0,123000 Grm. = 65,3 Proc. Kohlenstoff und 0,1626 Grm. Wasser, entspr. 0,018067 Grm. = 9,6 Proc. Wasserstoff.

	ber.	gef.
C^7	= 65,6	65,3
H^{12}	= 9,4	9,6
O^2	= 25,0	—
	100,0.	

Tiglinsaures Baryum, $C^5H^7O^2.\overset{\prime}{Ba} + 5OH^2$. Scheidet sich aus der wässerigen Lösung, die durch Neutralisiren der Säure mit Baryumcarbonat erhalten wurde, beim Verdunsten über Schwefelsäure in einer aus kleinen Nadeln bestehenden dichten Krystallmasse allmählich aus. Es ist sehr leicht in Wasser löslich, aber durchaus nicht schwierig krystallisirbar, wie Fr. und D. von dem Baryumsalz der Methylcrotonsäure angeben. Ueber Schwefelsäure verlieren die Krystalle ihr Krystallwasser vollständig. Ob und wieviel das methylcrotonsaure Baryum Krystallwasser enthält, ist nicht bekannt: das von Fr. und D. im leeren Raume getrocknete Salz war wasserfrei.

0,2427 Grm. lufttrocknes Salz verloren über Schwefelsäure und schliesslich beim Erwärmen im Luftbad auf 100° 0,0856 Grm. = 35,3 Proc. Wasser.

0,1814 Grm. bei 100° getrocknetes Salz gaben 0,1060 Grm. Baryumsulfat, entspr. 0,073716 Grm. = 40,7 Proc. Baryum. Auf das wasserhaltige Salz bezogen, berechnet sich der gefundene Baryumgehalt zu 26,5 Proc.

	ber.	gef.
$C^5H^7O^2$	= 38,4	—
Ba	= 26,6	26,5
$5OH^2$	= 35,0	35,3
	100,0.	

Tiglinsaures Silber, $(C^5H^7O^2)^2\overset{\prime\prime}{Ag}$. Scheidet sich beim Vermischen einer Lösung des Baryumsalzes mit Silbernitrat als ein weisses krystallinisches Pulver aus, welches durch das Sonnenlicht nur wenig verändert wird und in Wasser fast unlöslich ist.

Die vierte Portion (205—270°) endlich des ursprünglichen Säuregemisches war sehr gering und konnte eben deswegen nicht genau untersucht werden: nach den beiden folgenden Analysen ist es wahrscheinlich, dass sie Capron- oder Oenanthylsäure oder Pyroterebinsäure und ausserdem höhere Glieder der Oelsäure-Reihe oder der nächst niederen isologen Reihe enthalten hat.

Digitized by Google

I. 0,2213 Grm. des zwischen 208 und 218° siedenden Theils gaben 0,5070 Grm. Kohlensäure, entspr. 0,138273 Grm. = 62,5 Proc. Kohlenstoff und 0,1858 Grm. Wasser, entspr. 0,020644 Grm. = 9,3 Proc. Wasserstoff.

II. 0,1938 Grm. des zwischen 245 und 255° siedenden Theils gaben 0,4838 Grm. Kohlensäure, entspr. 0,131945 Grm. = 68,1 Proc. Kohlenstoff und 0.1664 Grm. Wasser, entspr. 0,018489 Grm. = 9,5 Proc. Wasserstoff.

I.

	ber.		ber.		ber.	gef.
C^6	= 62,1	C^7	= 64,6	C^6	= 63,2	62,5
H^{12}	= 10,3	H^{14}	= 10,8	H^{10}	= 8,8	9,3
O^2	= 27,6	O^2	= 24,6	O^2	= 28,0	—
	100,0		100,0		100,0.	

II.

	ber.		ber.		ber.	gef.
C^8	= 67,6	C^9	= 69,2	C^8	= 68,6	68,1
H^{14}	= 9,9	H^{16}	= 10,3	H^{12}	= 8,6	9,5
O^2	= 22,5	O^2	= 20,5	O^2	= 22,8	—
	100,0		100,0		100,0.	

Wie aus dem Mitgetheilten also hervorgeht, enthalten die flüchtigen Säuren des Crotonöls weder eine Säure von der Formel $C^4 H^6 O^2$, noch ist die feste krystallisirte Säure Angelicasäure. Die Angaben von Schlippe über diese flüchtigen Säuren sind also völlig irrige. Schlippe gründete seine Annahme einer Säure von der Zusammensetzung $C^4 H^6 O^2$, der »Crotonsäure«, auf die Analyse eines Silbersalzes, in welchem er im Mittel 24,5 Proc. Kohlenstoff, 2,7 Proc. Wasserstoff und 56,0 Proc. Silber fand, und auf die Zersetzung eines amorphen Barytsalzes durch schmelzendes Kalihydrat, wobei Essigsäure erhalten wurde; eine Hauptstütze für die Richtigkeit der angegebenen Formel seiner Crotonsäure fand er ferner darin, »dass neben ihr noch Angelicasäure gefunden wurde«.

Was zunächst das analysirte Silbersalz anbelangt, so ist dasselbe nichts als ein Gemisch von essigsaurem, buttersaurem und valeriansaurem Silber gewesen, wie aus dem Vorhermitgetheilten und aus der Vergleichung der durch die Analyse gefundenen Zahlen mit denen hervorgeht, welche für jene Salze gefordert werden. Es verlangen nämlich

	essigsaures Silber:	buttersaures Silber:	valeriansaures Silber:	Schlippe fand (im Mittel)
Kohlenstoff:	14,4	24,6	28,7	24,5
Wasserstoff:	1,8	3,6	4,3	2,7
Silber:	64,7	55,4	51,7	56,0

Digitized by Google

Was ferner die Thatsache anlangt, dass nach dem Schmelzen des betr. Barytsalzes mit Kalihydrat Essigsäure gefunden wurde, so erklärt sich dieselbe leicht daraus, dass in dem angewandten amorphen Barytsalz [1]) schon Essigsäure enthalten war, und was schliesslich die Hauptstütze für die Existenz der »Crotonsäure« betrifft, als welche die Anwesenheit der Angelicasäure dienen soll, so ist dieselbe durch unseren Nachweis, dass die Tiglinsäure mit der Angelicasäure nur metamer, nicht identisch ist, gleichfalls hinfällig geworden.

Der Irrthum Schlippe's erklärt sich zum Theil wohl aus der geringen Menge Material, mit dem er seine Versuche ausgeführt hat; unerklärlich bleibt indessen immer, wie er die Existenz der «Crotonsäure« behaupten konnte, nachdem er mit der nämlichen sauren Lösung Salze erhalten hatte, welche auf 1 Mgt. Metall ein Mal 5,7 Mgte. Kohlenstoff [2]), ein anderes Mal 10,7 Mgte. und ein drittes Mal 9,6 Mgte. desselben ergaben.

Nach dieser Erkenntniss ist es selbstverständlich, dass der Name «Crotonsäure« für eine Säure von der Zusammensetzung $C^4 H^6 O^2$ als unpassend aufgegeben werden muss, wie der Eine von uns bereits an einem andern Orte [3]) ausgeführt hat.

Jena, Anfang März 1870.

---

1) Ein Gemisch von Essigsäure, Buttersäure und Baldriansäure, mit Baryumcarbonat neutralisirt, kann, wie wir uns überzeugt haben, über Schwefelsäure zu einer ganz amorphen Masse eintrocknen.

2) C = 8.

3) Zeitschrift für Chemie. N. F. Bd. VI. p. 28.

Bruchstücke zur Naturgeschichte der Bopyriden.

Von

Fritz Müller.

Mit Tafel III u. IV.

Die im Nachstehenden mitgetheilten Beobachtungen über Bopyriden wurden meist in den Jahren 1861 und 1862 am Strande von Desterro gesammelt. Sie sind so überaus lückenhaft, dass ich lange Bedenken getragen habe, sie zu veröffentlichen. Ich thue es jetzt, wo ich selbst keine Aussicht mehr habe, sie zu vervollständigen, in der Hoffnung, dass dadurch Besucher der Seeküste zu eingehender Beschäftigung mit diesen merkwürdigen Schmarotzerasseln veranlasst werden mögen, deren Bau, Entwickelung und Lebensweise noch eine reiche Ernte überraschender Thatsachen zu liefern verspricht.

1. Binnenasseln. (Entoniscus.)

Binnenasseln wurden bis jetzt in folgenden Decapoden gefunden:

1) in einer bei Desterro unter Steinen ungemein häufigen schwärzlich grünen Porcellana, von welcher etwa 5% damit behaftet sind [1];

2) in einer ebenda an Felswänden zwischen Sertularien und Moosthieren selten vorkommenden kleineren Porcellana [2]). Es wurde ein einziges Mal ein Weibchen von Entoniscus getroffen, das beim Herausnehmen zerriss und von dem ich nicht sagen kann, ob es derselben Art angehört, wie die Binnenassel der gemeinen Porcellana;

1) s. Archiv für Naturgesch. 1862. I. S. 10. Taf. II.

2) Alph. Milne Edwards konnte mir weder diese, noch die erstere Art bestimmen.

Digitized by

3) in Porcellana (Polyonyx) Creplinii F. M.[1]) Fast in jeder Röhre von Chätopterus findet man bei Desterro, wo der genannte Wurm übrigens ziemlich selten ist, diese Porcellana und zwar in der Regel ein Pärchen[2]); nur dreimal traf ich einzelne Thiere, einmal ein Weibchen, zweimal ein Männchen. Jedes dieser drei einzeln vorkommenden Thiere beherbergte einen Entoniscus, während in keinem der paarweise lebenden ein solcher Schmarotzer gefunden wurde. Man darf also wohl annehmen, dass eben wegen des Entoniscus, der wie die Rhizocephalen stets Unfruchtbarkeit seines Wirthes zur Folge hat, jene drei Thiere keinen Genossen gefunden hatten oder von demselben verlassen worden waren[3]).

Die Entoniscusweibchen, die in Porcellana Creplinii gefunden wurden, hatten nicht wie die der gemeinen Porcellana röthlich-violette, sondern blass dottergelbe Eierstöcke; ihre Brutblätter erschienen mir weniger stark zerschlitzt und gekräuselt. Männchen und Junge glichen den in der gemeinen Porcellana vorkommenden.

4) in einem Achaeus, der an Felsen zwischen Moosthieren, Ascidien u. s. w. lebt. Der Entoniscus wurde nur einmal gefunden. Ich habe mir von ihm nur angemerkt, dass das Männchen sechs wohlgebildete Fusspaare und ein zweispitziges Schwanzende hat; durch beides unterscheidet es sich von dem des Entoniscus Porcellanae, durch die Form des Schwanzendes auch von dem des Entoniscus Cancrorum[4]);

5) in mehreren Xantho-Arten der Küste von Desterro. Die Binnenassel dieser Krabben, Entoniscus Cancrorum[5]), ist in beiden Geschlechtern und nicht minder in ihrer frühesten Jugendform erheblich verschieden von Entoniscus Porcellana. Während bei dem Weibchen des letzteren die ganze Länge des Mittelleibes mit gewaltigen, zerschlitzten, vielgefalteten Brutblättern besetzt ist, zwischen deren Falten

---

1) Nach brieflicher Mittheilung von Alph. Milne Edwards ist diese Art der Porcellana biunguiculata Dana (Polyonyx Stimps.) nahe verwandt. Meine Porcellina stellicola (Arch. für Naturg. 1862. Taf. VII, Fig. 1) scheint nach demselben die Porcellana angusta Dana (Minyocerus Stimps.) zu sein.

2) Einmal traf ich statt der Porcellana Creplinii ein Pärchen der Pinnixa chaetopterana Stimps. —

3) Die wenig über federkieldicken Ausgänge der Chätopterus-Röhre, die einige Zoll hoch senkrecht aus dem Schlamme emporstehen, in welchem die Röhre wagerecht eingebettet liegt, sind viel zu eng, um die Porcellana durchzulassen; doch kann diese, wie ich gesehen, die Röhre verlassen, indem sie sie der Länge nach aufschlitzt.

4) s. F. Mueller, Für Darwin, Fig. 16.

5) s. Taf. III, Fig. 1—8 und Für Darwin, Fig. 11.

die Eier sich anhäufen, ist bei Entoniscus Cancrorum eine geschlossene Bruthöhle vorhanden, gebildet von einem einzigen Paare von Brutblättern, das dicht hinter dem Kopfe entspringt. Die Bruthöhle stellt einen Sack von sehr wechselnder Gestalt und Grösse dar, der schief nach vorn gerichtet ist und mit seiner oberen Fläche sich der Unterseite des Kopfes anlegt, welchen er mehr oder weniger weit überragt. Füsse fehlen vollständig, man müsste denn seitliche Wülste, die mehr oder minder deutlich in der Nähe des Hinterleibsendes vorzuspringen pflegen, als Fussstummel ansprechen wollen. Der bei Entoniscus Porcellanae so ungemein lange, mit langen Säbelbeinen ausgerüstete Hinterleib ist bei Ent. Cancrorum so plump und fast so regungslos, wie der Mittelleib. Selten sind die Weibchen ziemlich gerade ausgestreckt; meist findet man den Hinterleib in rechtem [1]), oder spitzem [2]) Winkel aufwärts gebogen. Das Herz liegt oft, wie bei Ent. Porcellanae, in einer bruchsackähnlichen Ausstülpung des Hinterleibes, während in anderen Fällen dessen Haut glatt darüber hinweggeht. Die Hautfalten mit wellig gebogenem Rande, die bei Ent. Porcellanae sich an der Bauchfläche der ersten Hinterleibsringe hinziehen, sind bei Ent. Cancrorum ebenfalls vorhanden und sogar in der Regel weit stärker entwickelt.

Das Männchen von Ent. Cancrorum hat weder die Klumpfüsse, noch die eigenthümliche Fühlerbildung des Männchens von Ent. Porcellanae, schliesst sich vielmehr in beiden Beziehungen an die Männchen von Bopyrus an [3]).

Die Jungen von Ent. Cancrorum (Taf. III, Fig. 2 u. 3) stimmen überein mit denen von Ent. Porcellanae und unterscheiden sich, wie diese, von denen der Bopyrusarten dadurch, dass das letzte Beinpaar des Mittelleibes abweichend von den vorangehenden gebildet ist. Die Unterschiede der Jungen der beiden Entoniscus-Arten bestehen hauptsächlich in Folgendem:

Entoniscus Porcellanae	Entoniscus Cancrorum
Länge (am ersten Tage): 0,2 Mm.	Länge (am ersten Tage): 0,3 Mm.
Stirnrand fast gerade.	Stirnrand gewölbt.
Heller unpaarer Fleck dicht am Stirnrande.	Dieser Fleck wurde vermisst.
Greifrand an der Hand der 5 ersten Beinpaare glatt.	Dieser Greifrand mit wenigen kleinen Zähnchen bewehrt.

1) s. Für Darwin, Fig. 11.
2) s. Taf. III, Fig. 1.
3) Der Hinterleib des Männchens ist abgebildet in »Für Darwin« Fig. 16.

by Google

Entoniscus Porcellanae	Entoniscus Cancrorum
Sechstes Beinpaar kurz, 3gliedrig mit elliptischem klauenlosen Endgliede.	Sechstes Beinpaar lang, 5gliedrig, mit klauentragender Hand.
Der letzte Ring des Mittelleibes fehlt (?)	Der letzte Ring des Mittelleibes vorhanden.
Das fünfte Fusspaar des Hinterleibes noch wenig entwickelt, borstenlos.	Das fünfte Fusspaar des Hinterleibes den vorangehenden gleich gebildet.
Grundglied der Hinterleibsfüsse mit einer Borste.	Dasselbe Grundglied mit 2 Borsten.
Endglied der Hinterleibsfüsse schief abgeschnitten, lanzettförmig.	Das borstentragende Ende des Endgliedes der Hinterleibsfüsse gerade abgeschnitten.

Der Hauptunterschied der beiderlei Larven liegt in der Bildung des letzten Beinpaares, welches bei Ent. Porcellanae in anscheinend verkümmertem, bei Ent. Cancrorum in besonders entwickeltem Zustande auftritt. Es hat bei letzterer Art zunächst drei lange schlanke cylindrische Glieder, von denen jedes der beiden ersten etwa der halben Breite des Leibes an Länge gleichkommt, das dritte unbedeutend kürzer ist. Dann folgt ein ansehnliches Handglied, welches schief abgeschnitten ist, so dass der obere Rand fast doppelt so lang ist, als der untere; der untere Rand läuft in einen kürzern Zahn aus, gegen welchen eine etwa in der Mitte des schiefen Endrandes eingelenkte gekrümmte Klaue einschlägt. Auch der obere Rand läuft in eine scharfe Spitze aus, an welcher eine im Innern des Handgliedes gelegene Drüse zu münden scheint. In der Ruhe liegt dies Beinpaar dem Leibe dicht an und zwar ist dabei das erste Glied nach innen, das zweite nach vorn, das dritte nach hinten gerichtet. — Die Larven des Entoniscus Cancrorum lieben, sich im Wasser umhertreiben zu lassen, in welchem sie dabei in ganz eigenthümlicher Stellung schweben (Taf. III, Fig. 2). Der Hinterleib wird gegen die Brust geschlagen; der Rücken ist nach oben, Kopf und Schwanzende sind nach unten gerichtet; die Beine des sechsten Paares werden lang nach aussen vorgestreckt und etwas nach oben gebogen, so dass beide zusammen einen flachen Bogen darstellen, von dessen Mitte der Körper niederhängt. —

Beim Eindringen in den Leib der Krabben wird wahrscheinlich dies eigenthümlich entwickelte sechste Beinpaar der Larve von besonderer Wichtigkeit sein. —

Das Vorkommen von Binnenasseln in so weit verschiedenen Thieren,

by Google

wie Porcellana, Achaeus und Xantho sind, berechtigt zu der Erwartung, dass sie auch geographisch eine weitere Verbreitung haben und ebenso wie die Bopyrusarten in allen Meeren sich finden werden. Wer Lust hat, sie aufzusuchen, möge seine Aufmerksamkeit besonders auf solche Krabbenweibchen richten, die leer herumlaufen zur Zeit, wo ihre Genossinnen mit Eiern beladen sind. —

2. Bopyrus resupinatus.

(Taf. III, Fig. 1—9.)

Wenige Thiere dürften mehr von Schmarotzern geplagt werden, als ein bei Desterro unendlich häufiger kleiner Einsiedlerkrebs, der seine Wohnung meist in der Schale eines Cerithium[1]) einnimmt. Weit über die Hälfte dieser Einsiedlerkrebse sind bewohnt von einem im Verhältniss zu seinem Wirthe riesigen Fadenwurm, dessen Windungen durch die Wand des von ihm ausgedehnten Hinterleibes des Krebses hindurchschimmern. Ausserdem leben an dem Hinterleibe desselben zwei verschiedene Arten von Wurzelkrebsen, Sacculina purpurea[2]), und Peltogaster socialis[3]), und zwei Asseln, Bopyrus resupinatus und Cryptoniscus planarioides, und zwar ebenfalls so häufig, dass etwa jeder fünfte Pagurus einen dieser Schmarotzer trägt. Unter 300 Paguren, die ich vom 15. November 1861 bis 13. April 1862 untersuchte, fand ich nämlich 281 mit Sacculina purpurea, 227

---

1) Dieses Cerithium, vielleicht die häufigste aller bei Desterro lebenden Schnecken, bildet die Hauptnahrung zweier anderen ebenfalls dort häufigen Schnecken, des Murex senegalensis Lam. und der mit Turbinella angulifera nahe verwandten Turbinella Mülleri Dkr. (*n. s.*) — Der Murex bohrt ein rundes Loch durch das Gehäuse des Cerithium; wenn dieses dann sterbend seinen Deckel öffnet, so kommt von vorn die Turbinella, um sich am Schmause zu betheiligen. An einigen Stellen des Strandes kann man zur Ebbezeit dutzendweise solche Cerithien sammeln, an denen gleichzeitig hinten ein Murex und vorn eine Turbinella sitzen.

Nach dem Tode der Schnecke dient das Gehäuse des Cerithium nicht nur dem Pagurus mit seinen mannichfachen Schmarotzern zum Aufenthalt, sondern am Eingange der von Pagurus bewohnten Gehäuse siedelt sich nicht selten eine kleine weisse Crepidula an, unter welcher dann wieder bisweilen ein Pinnotheres Schutz sucht. —

2) s. Archiv für Naturgesch. 1862. I, Taf. I, Fig. 5—9. — Ich lasse einstweilen, bis eine wissenschaftliche, d. h. genealogische Anordnung der Rhizocephalen möglich sein wird, den Namen dieser Art ungeändert. Als ich den Namen gab, wusste ich nicht, dass Thompson schon einen anderen Wurzelkrebs Sacculina getauft hatte. Meine Sacculina purpurea gehört nicht zur Gattung Sacculina Thomps., sondern eher zu Peltogaster Rthke.

3) F. Mueller, Für Darwin, Fig. 59. —

mit Peltogaster socialis, 40 mit Bopyrus resupinatus und 46 mit Cryptoniscus planarioides behaftet. — Im Gegensatz zu diesem vielgeplagten kleinen Pagurus waren weit über hundert Paguren von einer grösseren und weit selteneren Art sämmtlich frei von Schmarotzern; ein hübscher Beleg dafür, dass im Allgemeinen, — aus naheliegenden Gründen, — mit der Häufigkeit einer Art die Zahl und Mannichfaltigkeit ihrer Schmarotzer zunimmt.

Die beiden eben erwähnten Asseln, Bopyrus resupinatus und Cryptoniscus planarioides, sind vor Allem merkwürdig dadurch, dass sie nicht unmittelbar aus dem Pagurus, sondern aus den Wurzeln der Sacculina purpurea ihre Nahrung ziehen.

Bopyrus resupinatus setzt sich unter Sacculina purpurea fest und zwar dieser seine Bauchseite, dem Pagurus seinen Rücken zuwendend. Ich habe wiederholt solche junge Bopyrus, die sich zum Theil noch wenig von ihrer jüngsten Larvenform entfernten, an dieser Stelle angetroffen. Indem nun der Bopyrus die aus dem Leibe des Pagurus durch die darin verzweigten Wurzeln der Sacculina zuströmende Nahrung sich aneignet, stirbt die Sacculina ab. So hatte ich am 22. Septbr. 1861 einen mit Sacculina behafteten Pagurus in ein Glas mit Seewasser gesetzt; Tags darauf schwärmte junge Sacculina-Brut aus; als ich aber am 26. Septbr. den Pagurus wieder aus seinem Schneckenhause nahm, war die Sacculina verschwunden und an ihrer Stelle sass ein junger Bopyrus, ein jungfräuliches, unbemanntes Weibchen ohne Brutblätter. Mit dem Abfallen der Sacculina sterben indess ihre Wurzeln nicht ab, sondern pflegen im Gegentheil nur um so kräftiger weiter zu wuchern, so dass durch sie oft ein ansehnlicher Theil des Hinterleibes gefüllt wird und schon von aussen dunkelgrün erscheint. Nie habe ich die Zusammenziehungen der Sacculinawurzeln so kräftig und regelmässig erfolgen sehen, als in einem Pagurus, an welchem ein grosser Bopyrus sass, der gewiss schon seit geraumer Zeit die Sacculina verdrängt hatte. — In einigen wenigen leider nicht näher untersuchten Fällen vermisste ich den grünen Fleck an der Anheftungsstelle des Bopyrus; wahrscheinlich hatte sich derselbe in diesen Fällen, statt unter Sacculina purpurea, unter Peltogaster socialis angesiedelt, dessen glatte Wurzeln nicht zu sehen sind; denn auch unter letzterem Wurzelkrebse habe ich Bopyruslarven getroffen.

Daraus dass der Bopyrus beim Festsetzen sich der Sacculina und nicht dem Pagurus zuwendet, erklärt sich eine Eigenthümlichkeit, die bei einer nahestehenden und voraussichtlich auch in ihrer Lebensweise ähnlichen Art zu einer wunderlichen Verwechslung Anlass gegeben hat. Hesse hat unter dem Namen Athelgue einen Bopyrus beschrieben,

Digitized by Google

bei dessen Weibchen angeblich »die convexe Rückenseite des Cephalothorax von 6—7 Paaren seitlicher durchscheinender Platten bedeckt ist, unter welchen sich die Bruthöhle für die Eier befindet«[1]. — Also eine Assel mit rückenständiger Bruthöhle! Gewiss ein nicht minder wunderbares Thier, als etwa ein Känguru mit rückenständigem Beutel, oder ein Käfer mit Flügeln am Bauche. Offenbar hat HESSE Bauchseite und Rückenseite verwechselt, weil sein Athelgue dem Pagurus nicht die Bauchseite, sondern wie Bopyrus resupinatus die Rückenseite zuwendet.

Bopyrus resupinatus verlässt das Ei als etwa 0,2 Mm. lange, 0,12 Mm. breite, flache asselförmige Larve (Taf. III, Fig. 4), ganz ähnlich denen anderer Bopyrusarten. Die sechs Beinpaare der Brust sind gleichgebildet; das 7. fehlt, wie wahrscheinlich bei allen jungen Isopoden. Die 5 Hinterleibsfüsse haben, wie bei Entoniscus und fast allen von mir gesehenen Bopyridenlarven, ein einziges Endblatt, die Schwanzfüsse haben zwei griffelförmige Aeste und in der Mitte seines Hinterrandes trägt der letzte Leibesring einen kurzen kegelförmigen Fortsatz. Bei den Entoniscus-Larven fehlt ein solcher Fortsatz, dagegen scheint er den Larven der echten Bopyriden allgemein zuzukommen und meist stärker als bei Bopyrus resupinatus entwickelt zu sein. Von auffallender Länge sah ich denselben bei einer (im März 1862) im Meere aufgefischten Larve (Taf. III, Fig. 10), die ohne Frage von einem Bopyriden abstammt, obwohl sie durch 2ästige Hinterleibsfüsse von den übrigen mir bekannt gewordenen Bopyruslarven abweicht. Ueber die morphologische Bedeutung dieses Fortsatzes, der bei der zuletzt erwähnten Larve fast an den Schwanzstachel der Xiphosuren erinnert, bin ich ausser Stande, eine Vermuthung auszusprechen.

Die jüngsten Larven, die unter Sacculina purpurea gefunden wurden, hatten bereits eine Länge von 0,6 Mm. erreicht (Taf. III, Fig. 5). Ihre Gestalt ist gestreckter geworden, indem die grösste Breite kaum der halben Länge des Leibes gleichkommt; an den vorderen Fühlern hat sich ein Büschel von etwa 10 ansehnlichen Riechfäden entwickelt, die der Larve wahrscheinlich beim Aufsuchen ihres Wohnthieres von Nutzen sind. Die Brust trägt jetzt sieben gleichgebildete Beinpaare. Die Schwimmfüsse des Hinterleibes sind noch unverkümmert, ihr Endblatt mit 5—6 langen Borsten versehen. Die Grundglieder der Schwanzfüsse, bei den jüngsten Larven durch einen breiten Zwischenraum getrennt, nehmen jetzt fast die ganze Breite des letzten Leibesringes ein. Von den anfangs etwa gleichlangen Aesten der Schwanzfüsse ist jetzt der äussere etwa doppelt so lang als der innere.

---

1) GERSTAECKER, Jahresbericht für 1861 im Archiv für Naturgesch. XXVIII, Bd. 2. S. 558.

Digitized by Google

Nach dem Festsetzen der Larve verkümmern die Riechfäden, die den erwachsenen Thieren vollständig fehlen, und die Schwimmfüsse des Hinterleibes verwandeln sich in Kiemen. Bei dem obenerwähnten jungen Weibchen, das nach dem Abfallen der von ihm verdrängten Sacculina zum Vorschein kam, bestanden die Kiemen aus einfachen zungenförmigen Anhängen; an einigen derselben begann indess schon ein kurzer zweiter Ast hervorzusprossen; zu diesem zweiten kommt später noch ein dritter Ast. Von den Schwanzfüssen bleiben nur kurze abgerundete Stummel übrig, an deren Rande ein breiter Blutstrom hinfliesst, und die also ebenfalls der Athmung dienen. — In diesen Schwanzanhängen fliesst das Blut am Innenrande nach hinten, am Aussenrande nach vorn: in den dreitheiligen Kiemen am Hinterrande der Aeste nach aussen, am Vorderrande wieder nach innen. — Die kurzen plumpen Beine krümmen sich allmählich um den Seitenrand des Leibes nach oben, so dass nur der Bopyrus sich mit denselben an dem Pagurus, dem er wie gesagt seine Rückenfläche zuwendet, festhalten kann (Taf. III, Fig. 6).

Beim Herannahen der Geschlechtsreife entwickeln sich an der Bauchseite grosse Brutblätter, die eine sehr ansehnliche Bruthöhle umschliessen. Dieselbe überragt seitlich die Ränder des Leibes, nach vorn den Kopf und ein kurzer abgerundeter Zipfel springt jederseits neben dem Hinterleibe nach hinten vor (Taf. III, Fig. 7, 8). Die vordersten dieser blattförmigen Anhänge, die rinnenförmig zusammengebogen den Kopf überragen, mögen dazu dienen, die aus den Sacculina-Wurzeln zuströmende Nahrung dem Munde des Bopyrus zuzuleiten. —

Nach der Bildung der Kiemen des Weibchens würde Bopyrus resupinatus eher zur Gattung Jone als zu Bopyrus zu stellen sein; doch finden sich zwischen der Kiemenform der Jone thoracica und des Bopyrus squillarum so mannichfache Uebergangsformen, dass die erstere Gattung sich nicht von letzterer trennen lässt, obwohl Milne Edwards auf dieselben sogar zwei verschiedene Familien begründete.

Das etwa 2 Mm. lange Männchen des Bopyrus resupinatus (Taf. III, Fig. 9) hat die gewöhnliche Gestalt der Bopyrusmännchen; sein Hinterleib zeigt nur sehr undeutliche oder gar keine Spur von Gliederung und ist ganz ohne alle Anhänge; ein breiter Blutstrom zieht an seinem Rande hin.

Digitized by Google

3. Cryptoniscus planarioides [1]).

(Taf. IV, Fig. 12—19.)

Am 8. August 1861 hatte ich eine Anzahl Pagurus aus ihren Cerithiumgehäusen herausgeklopft, um an ihnen nach Sacculina und Bopyrus resupinatus zu suchen; ausser diesen beiden traf ich noch einen dritten Schmarotzer in Form einer flachen milchweissen Scheibe von 5—6 Mm. Länge und 2,5 Mm. Breite, die etwa in der Mitte der dem Pagurus zugewandten Fläche festsass und in der Nähe der Anheftungsstelle eine Oeffnung zeigte, von der aus sie ganz wie ein Lernaeodiscus oder eine Sacculina sich aufblasen liess. Ich glaubte in diesem Schmarotzer einen neuen Wurzelkrebs vor mir zu haben und wurde in dieser Meinung bestärkt, als ich später (im October) fand, dass an der Anheftungsstelle ein wie bei Sacculina purpurea gebildeter Chitinkranz liegt, von dem aus grüne Wurzeln sich ins Innere des Pagurus senken. Chitinkranz und Wurzeln liessen sich im Zusammenhang mit dem Schmarotzer aus dem Pagurus herauslösen. Nach einer blutrothen Zeichnung auf der Unterseite der milchweissen Scheibe, die an den Darm eines dendrocölen Plattwurms erinnerte, nannte ich das Thier Peltogaster planarioides.

Kurz darauf traf ich an demselben Pagurus ganz ähnliche, nur grössere (9—10 Mm. lange) und anders gefärbte, bald gelbe, bald braunpunctirte Schmarotzer; erstere enthielten Eier mit noch wenig entwickelten, letztere solche mit fast reifen Embryonen. Schon die gelben Eier waren sofort an der Krümmung des Embryo nach oben als Asseleier zu erkennen und in den Eiern der braunpunctirten Thiere fanden sich Larven, die mit denen von Bopyrus und Entoniscus die grösste Aehnlichkeit hatten. Dass ich also in diesen Schmarotzern einen noch mehr als selbst Entoniscus von der Asselform sich entfernenden Bopyriden vor mir hatte, unterlag keinem Zweifel.

Wochenlang liefen nun in meinem Tagebuche bei Aufzählung der an Pagurus erbeuteten Schmarotzer dieser »Bopyrus agnostus« und »Peltogaster planarioides« neben einander her, ohne dass ich nur an die Möglichkeit dachte, dass letzterer eine jüngere Form des ersteren sein könnte. Und neben diesen beiden wurden noch jüngere, etwa 2 Mm. lange, schmutzig röthlichbraune Thiere derselben Art als junge Sacculina purpurea aufgeführt, da sie die gleichen Wurzeln, den gleichen Chitinkranz besassen und in Gestalt und Farbe weit mehr

1) Vergl. F. Mueller, Für Darwin, Fig. 39 und 42.

dieser Sacculina als dem milchweissen »Peltogaster planarioides« ähnlich waren.

Erst am 28. November, als ich gleichzeitig, als Ausbeute von 270 Paguren, 8 Cryptoniscus in den verschiedensten Altersstufen vor mir hatte, 2 junge röthlichbraune, 3 milchweisse planarienähnliche (»Peltogaster planarioides«), einen gelben mit unreifen, einen braunpunctirten mit fast reifen Embryonen (»Bopyrus agnostus«) und endlich einen, der schon seine Brut entleert hatte und nun einen schlaffen häutigen farblosen Sack bildete, — überzeugte ich mich von der Zusammengehörigkeit dieser verschiedenen Formen.

Leider kann ich über den Bau und die Entwickelung dieser in so mannichfachen und völlig unkenntlichen Vermummungen auftretenden Asselart nur äusserst dürftige Mittheilungen machen.

Die beim Ausschlüpfen etwa 0,2 Mm. langen Jungen [1]) sind augenlos; der Vorderrand des Kopfes (Taf. IV, Fig. 12*a*) ist halbkreisförmig; an seinen hinteren Ecken stehen die kräftigen sechsgliedrigen, äusseren, dicht neben ihnen nach innen die äusserst winzigen (dreigliedrigen?) inneren Fühler. — Die Brust trägt sechs Beinpaare, von denen das letzte abweichend von den vorangehenden und von denen anderer junger Bopyriden gebaut ist. Das vorletzte Glied, das bei den fünf ersten Beinpaaren eine kurze eiförmige Hand bildet, ist beim sechsten Paare (Taf. IV, Fig. 12*b*) allerdings auch dicker als die anderen Glieder, aber lang und walzenförmig und trägt nicht ein kurzes einschlagbares, sondern ein wenig oder gar nicht bewegliches, sehr langes borstenförmiges Endglied. — Die Schwimmfüsse des Hinterleibes (Taf. IV, Fig. 12*c*) haben zwei in verschiedener Höhe eingelenkte Aeste. — Im Anfang des Hinterleibes liegt (im Darme?) eine rundliche Anhäufung eines dunkel braunroth gefärbten Stoffes.

In welcher Weise die jungen Cryptoniscus sich an Sacculina purpurea festsetzen, wurde nicht beobachtet. Die jüngsten festsitzenden Thiere, die gefunden wurden (Taf. IV, Fig. 13), hatten bereits die Sacculina verdrängt und vollständig alle Gliedmaassen verloren. Sie erschienen als schmutzig röthlich braune, eiförmige Körper von etwa 2 Mm. Länge, die in der Nähe des stumpferen Endes festgeheftet waren. Von inneren Theilen wurde ein vom Anheftungspunkte ausgehender weiter blinder Schlauch gesehen, der jederseits mehr oder weniger tief gelappt oder in 5 bis 6 kurze Fortsätze ausgezogen war, wahrscheinlich die Leber, — und ausserdem am freien spitzeren Ende des Leibes ein kräftig sich zusammenziehendes Herz. — Wurden die Thiere vom

1) F. Mueller, Für Darwin, Fig. 39.

Pagurus losgerissen, so pflegte der Chitinkranz der Sacculina, die sie verdrängt und aus deren Wurzeln sie nun ihre Nahrung zogen, mit ihnen in Verbindung zu bleiben.

Beim weiteren Wachsthum verwandelt sich der eiförmige Körper, in die Breite und Länge wachsend, in eine immer flachere Scheibe, während gleichzeitig der Anheftungspunkt nach der einen Fläche dieser Scheibe hinrückt. Die Farbe wird heller und geht in ein reines Milchweiss über, auf welchem der jetzt blutroth gefärbte gelappte Schlauch (die Leber?) scharf sich abzeichnet. Diese Färbung zeigen Thiere von 4 bis 7 Mm. Länge und 2,6 bis 4 Mm. Breite. Die Leber (?) liegt auf der dem Pagurus zugewandten Seite der Scheibe und gleicht jetzt ganz dem Darmrohr einer Clepsine; von dem Anheftungspunkte aus geht nach dem einen stumpferen Ende der Scheibe ein weites unpaares Rohr, welches jederseits etwa 5 Fortsätze bis in die Nähe des Scheibenrandes sendet, — nach dem anderen spitzeren Ende jederseits ein engeres Rohr, das nach aussen 2 bis 3 ähnliche Fortsätze trägt. Zwischen der Leber (?) und der vom Pagurus abgewandten Fläche der Scheibe liegt der, wie es scheint, unpaare Eierstock, der milchweiss gefärbt ist und fast die ganze Länge und Breite der Scheibe einnimmt (Taf. IV, Fig. 14). — Das Herz habe ich bei Thieren in diesem Alter nicht mehr gesehen; es mag vom Eierstock verdeckt oder auch verkümmert sein.

Wie gesagt pflegt man mit dem Cryptoniscus zugleich den Chitinkranz der von ihm verdrängten Sacculina und bisweilen selbst einen Theil ihrer Wurzeln herauszureissen. Diese feste Verbindung, die mich verleitet hatte, den Cryptoniscus selbst für einen Rhizocephalen anzusehen, wird dadurch bewirkt, dass das Mundende der planarienähnlichen Assel durch den Chitinkranz hindurch in die Wurzeln der Sacculina eindringt und hier zu einem unregelmässig gelappten Knopf anschwillt (Taf. IV, Fig. 14*c*. Fig. 15). Spuren von Fühlern oder Mundtheilen habe ich an diesem Knopfe nicht gefunden. Die Mundöffnung dürfte am Ende eines rüsselförmigen Fortsatzes zu suchen sein, den ich einmal von diesem Knopfe ausgehen sah (Taf. IV, Fig. 15); gesehen habe ich sie nicht.

Die ganze Scheibe bildet einen weiten, jetzt noch leeren Sack, die Bruthöhle, die von einer in der Nähe des Anheftungspunktes liegenden Oeffnung aus sich aufblasen lässt. Wann und auf welchem Wege die Eier aus dem Eierstock in die Bruthöhle gelangen, kann ich nicht sagen.

Bei völlig ausgewachsenen, 9 bis 10 Mm. langen Thieren findet man die Eier in der Bruthöhle und in denselben den Embryo meist schon mehr oder weniger entwickelt. Ihre Farbe hat sich in Gelb verwandelt und da sie die ganze Scheibe füllen, zeigt das ganze Thier die-

Digitized by Google

selbe Farbe (Taf. IV, Fig. 16). Wenn die Jungen dem Ausschlüpfen nahe sind, erscheint das Thier mit rothbraunen Punkten besäet (Taf. IV, Fig. 17). Aehnliche dunkle Punkte sieht man um diese Zeit bekanntlich an den Eiern der meisten Kruster; aber bei Cryptoniscus sind es nicht, wie sonst, die Augen, deren dunkle Färbung die nahende Reife verkündet; Augen sind überhaupt nicht vorhanden; es findet sich vielmehr, wie bereits erwähnt, im Anfang des Hinterleibes (vielleicht im Darme), eine rundliche, bald regelmässige, scharf umschriebene, bald unregelmässig ausgebreitete Anhäufung eines dunkel gefärbten Stoffes. — Während die Eier in der Bruthöhle sich entwickeln, schwindet allmählich immer mehr der blutrothe Inhalt der Leber (?), so dass zur Zeit, wo die Jungen ausschwärmen, bisweilen kaum noch Spuren davon zu erkennen sind.

Sind die Jungen ausgeschwärmt, so zeigt die Mutter noch einmal ein völlig verändertes Aussehen; es ist von ihr nichts übrig geblieben, als eine leere farblose Haut. In der Oeffnung der Bruthöhle sieht man jetzt mehrere Paare fingerförmiger Anhänge sich lebhaft bewegen, deren Zahl und Gestalt nicht bei allen Thieren dieselbe zu sein scheint. Sie haben wahrscheinlich dazu gedient, in der Bruthöhle den für die Athmung der Eier nöthigen Wasserwechsel zu unterhalten und sind vielleicht als umgewandelte Hinterleibsfüsse (»fausses pattes abdominales«) zu betrachten. (Man kann dieselben natürlich auch vor dem Ausschwärmen der Jungen zu sehen bekommen, wenn man die Eier durch einen Einschnitt entleert.) — Ebenso tritt jetzt in der ziemlich durchsichtigen Haut deutlich ein Gerüst von Chitinleisten hervor, dessen Anordnung auf der dem Pagurus zugewandten Fläche aus Taf. IV, Fig. 18 ersichtlich ist. In diesen Chitinleisten scheint noch ein Rest der früheren Gliederung des Cryptoniscus erhalten zu sein.

Wahrscheinlich wird die Mutter bald nach dem Ausschwärmen der Brut absterben und abfallen, und keinenfalls noch einmal in sich Eier und Junge erzeugen. Dafür spricht ihr ganzes Aussehen und namentlich der gänzliche Schwund von Leber und Eierstock. Auch hierin, dass mit einer einmaligen Eiererzeugung sein Lebenslauf abgeschlossen ist, steht Cryptoniscus einzig da unter seinen Verwandten.

Mit diesem Verhalten dürfte die Seltenheit der Männchen im Zusammenhang stehen. Von Bopyrus oder Entoniscus trifft man selten ein Weibchen, dem nicht ein Männchen sich zugesellt hätte. An weit über 50 Cryptoniscus habe ich dagegen ein einziges Mal eine kleine 0,9 Mm. lange Assel gefunden, die ich als dessen Männchen betrachten zu dürfen glaube (Taf. IV, Fig. 19). In der Bildung der Fühler, der Gliederung der Brust, die 7 Paar gleichgebildeter Beine trägt, und in dem anhang-

losen Hinterleibe stimmt es mit der Mehrzahl der Bopyridenmännchen überein; eigenthümlich sind ihm die stark vorspringenden und mit kurzen Dörnchen bewehrten Seitenecken der Leibesringe und der in zwei spitze Zipfel gespaltene und an diesen Spitzen dicht mit kurzen Dörnchen besetzte Schwanz.

4) Microniscus fuscus.

(Taf. IV, Fig. 20.)

Das Vorkommen der Bopyriden scheint nicht auf Decapoden, Rankenfüsser und Wurzelkrebse beschränkt zu sein, an denen sie allein bis jetzt beobachtet wurden; denn kaum einer anderen Familie dürfte eine Schmarotzerassel zuzurechnen sein, die ich einmal (im November 1864) dem Rücken eines Copepoden aufsitzend fand.

Das Thierchen hatte eine Länge von nur 0,2 Mm., wovon $^1/_4$ auf den Kopf und ebensoviel auf den Hinterleib kam; es hatte die Gestalt eines ziemlich stark gewölbten Schildes. Die Leibesringe waren vollzählig und deutlich geschieden. Der Kopf, von einem breiten häutigen Saume eingefasst, trug jederseits nahe seiner hinteren Ecke ein Auge und einen plumpen (ungegliederten?) Fühler. Vordere Fühler wurden nicht gesehen. Die Beine der Brust waren mit Ausnahme des dritten Paares kurze plumpe Klammerfüsse mit dickem kugeligen Handglied und kurzer stumpfer Klaue. Die Beine des dritten Paares, weit länger als die übrigen, ragten weit über die Seiten der Brust vor; ihr letztes Glied bildete ein klauenloses eiförmiges Blatt, das dem Leibe des Wirthes fest anlag. Hinterleibsfüsse und Schwanzanhänge waren borstenlos, — ein Beweis, dass das Thierchen nicht etwa eine noch frei schwimmende Assellarve war, die sich nur vorübergehend an den Copepoden angesetzt hatte. Wahrscheinlich war es noch ein jüngeres Thier, dem möglicherweise noch tiefgreifende Umwandlungen bevorstanden; denn Eier wurden bei demselben noch nicht gefunden. — Seine Farbe war dunkelbraun, die Beine und der häutige Saum des Kopfes farblos.

5) Zur Systematik der Bopyriden.

Ueber die systematische Stellung der Bopyriden herrscht unter den Zoologen eine seltene Einstimmigkeit. Man stellt sie allgemein ans Ende der Isopoden, neben die Cymothoiden. Gerstaecker reiht die Bopyriden geradezu der Abtheilung der schwimmenden Asseln ein, während Milne

Edwards die Abtheilung der schwimmenden Asseln mit den Cymothoiden schliesst und diesen als besondere Abtheilung die festsitzenden Asseln (Jone, Bopyrus) folgen lässt, und wieder Andere (z. B. Claus) die Familien der Asseln, ohne sie in grössere Abtheilungen zu vereinigen, in einfacher Reihe neben einander stellen, an deren Ende dann, neben die Cymothoiden, die Bopyriden zu stehen kommen. Allgemein scheint man also die Cymothoiden als nächste Verwandte der Bopyriden anzusehen. Dieser Ansicht kann ich mich nicht anschliessen; denn ausser dem, was allen Asseln zukommt, haben diese beiden Familien nichts gemein, als die schmarotzende Lebensweise und mit gleichem Rechte würde man z. B. unter den Insecten Läuse und Flöhe neben einander stellen.

Wie bei allen durch's Schmarotzerleben stark veränderten Thieren (Lernäen, Pentastomen u. s. w.) hat man natürlich auch bei diesen schmarotzenden Asseln hauptsächlich die Jugendformen ins Auge zu fassen, um ihre verwandtschaftlichen Beziehungen zu erkennen. Schon der erste flüchtige Blick aber auf die Taf. III, Fig. 3, 4 und 10 gezeichneten jungen Bopyriden und die zur Vergleichung daneben gestellte junge Cymothoe (Fig. 11.) wird Jedem den Eindruck machen müssen, dass die beiden Familien eher an die entgegengesetzten Enden ihrer Ordnung, als neben einander gehören. Eine nähere Vergleichung bestätigt dies.

Bei den Jungen von Cymothoe sieht man wie bei allen schwimmenden Asseln (Sphaeromiden, Cymothoiden) beide Fühlerpaare von nahezu gleicher Länge und Gestalt; bei den jungen Bopyriden, wie bei den gehenden Asseln (Idotheiden, Aselliden, von denen jedoch die Tanaiden auszuscheiden sind, und Onisciden) die vorderen Fühler sehr kurz, selbst wenn sie mit reichlichen Riechfäden ausgerüstet sind (Taf. III, Fig. 5.); die hinteren Fühler dagegen, namentlich bei den jüngsten Larven, stets von sehr ansehnlicher Länge.

Bei Cymothoe und überhaupt bei den schwimmenden Asseln finden sich tastertragende, bei den Bopyriden wie bei den gehenden Asseln tasterlose Kinnbacken (Mandibeln). Bei Cymothoe und allen schwimmenden Asseln ist der letzte (der Schwanzring) der grösste, bei den jungen Bopyriden wie oft bei den Onisciden der kleinste der Hinterleibsringe. — Bei Cymothoe und den meisten schwimmenden Asseln tragen die Schwanzfüsse zwei grosse blattförmige langbewimperte Endäste; bei den jungen Bopyriden sind diese Endäste griffelförmig, wie bei den Aselliden und Onisciden. — Alle für die schwimmenden Asseln bezeichnenden Merkmale fehlen also den Bopyriden, während sie in der Bildung der Fühler, der Kinnbacken, des Hinterleibes, der Schwanz-

füsse an die gehenden Asseln und zwar zumeist an die Onisciden, und unter diesen wieder zunächst an die Gattung Ligia sich anschliessen. Gar manche junge Bopyridenform könnte vom Rücken betrachtet für eine mikroskopische Ligia gelten. Abweichend ist, von den verkümmerten Mundtheilen abgesehen, hauptsächlich die Bildung der Hinterleibsfüsse, die bei Ligia der Athmung, bei den jungen Bopyriden der Ortsbewegung dienen und die Leber, die bei Ligia aus drei Paar, bei den Bopyriden aus einem einzigen Paare langer Blindschläuche besteht. In beiden Beziehungen nähern sich die jungen Bopyriden aber nicht etwa den Cymothoiden, sondern vielmehr den Scheerenasseln (Tanais). — Auch die ungegliederten aber mit Endborsten versehenen Aeste der Schwanzfüsse stehen in der Mitte zwischen den meist gegliederten borstentragenden Aesten der Scheerenasseln (Tanais) und den ungegliederten borstenlosen Endgriffeln der Felsenasseln (Ligia). —

Von den verkümmerten Mundtheilen abgesehen, dürften die jungen Bopyriden der Urform der Asseln näher stehen, als irgend andere lebende Asseln, die Scheerenasseln natürlich ausgenommen, die sich indess soweit von allen übrigen Asseln entfernen, dass man sie wohl besser als eigene Unterordnung den eigentlichen Asseln gegenüberstellt. Das Schmarotzerleben, dem die Bopyriden schon seit uralter Zeit sich hingaben und durch welches viele Arten im erwachsenen Zustande bis zur Unkenntlichkeit umgewandelt wurden, dürfte gerade dazu beigetragen haben, dass die Form der freischwimmenden Jungen sich nur wenig veränderte. Den freilebenden Asseln war es vortheilhaft, die Eigenschaften, durch die sie im Kampfe ums Dasein sich behaupteten, möglichst früh zu besitzen; die Jungen nahmen daher allmählich fast vollständig die Gestalt der Eltern an. Anders bei den festsitzenden Bopyriden; die ihnen unentbehrlichen frei beweglichen Jungen wurden nur wenig beeinflusst von den Veränderungen, denen im Laufe der Zeiten die festsitzenden Alten unterlagen, und gleichzeitig wirkte der Kampf ums Dasein während der Zeit des freien Umherschwärmens um so weniger verändernd auf diese jugendlichen Bopyriden ein, einen je kürzeren Abschnitt ihres Lebens diese Jugendzeit umfasste[1].

[1] Ich vermuthe nach einigen meiner Zeichnungen, dass bei manchen jungen Bopyriden noch eine Spur des zweiten Astes der äusseren Fühler vorkommt. Dies würde der oben ausgesprochenen Ansicht eine wesentliche Stütze verleihen und ich will deshalb nicht versäumen, die Aufmerksamkeit späterer Beobachter darauf hinzulenken. — Bis jetzt kennt man im Bereich der Edriophthalmen diesen zweiten Ast der äusseren Fühler (die sogenannte Schuppe des Podophthalmenfühlers) nur bei der Tanaidengattung Apseudes (nach brieflicher Mittheilung von Spence Bate). —

Statt der herkömmlichen Anordnung der Asseln möchte ich folgende, wahrscheinlich ihrer wirklichen Verwandtschaft besser entsprechende in Vorschlag bringen:

I. Unterordnung. Scheerenasseln.

1. Familie: Tanaiden (Asellotes hétéropodes M. Edw.)

II. Unterordnung. Eigentliche Asseln.

- *A.* Gehende Asseln. (Isopodes marcheurs M. Edw.)
  - *a.* Ligioiden.
    - 2. Familie: Bopyriden. (Joniens u. Bopyriens M. Edw.)
    - 3. Familie: Onisciden.
  - *b.* Aselloiden.
    - 4. Familie: Aselliden. (Asellotes homopodes M. Edw.)
    - 5. Familie: Idotheiden.
- *B.* Schwimmende Asseln. (Isopodes nageurs M. Edw.)
  - 6. Familie: Cymothoiden.
  - 7. Familie: Sphaeromiden.
  - (?) 8. Familie: Praniziden.

Die Bopyriden zerfallen in drei (oder vier?) sowohl durch Bau als durch Aufenthaltsort verschiedene Gruppen.

Die erste Gruppe bilden die äusserlich, am Hinterleibe oder in der Kiemenhöhle von Decapoden festsitzenden Arten, für die man bereits eine ganze Zahl von Gattungen aufgestellt hat (Bopyrus, Jone, Phryxus, Gyge, Athelgue u. s. w.), die man aber besser fürs Erste in der einen Gattung Bopyrus vereinigt liesse. Ich habe aus dieser Gruppe 5 Arten beobachtet, den oben besprochenen Bopyrus resupinatus und vier andere, die in der Kiemenhöhle eines Grapsus (Leptograpsus rugulosus?), einer Porcellana, eines Alpheus und einer Hippolyte leben. Ihre Jungen sind, soweit ich sie kenne, dadurch ausgezeichnet, dass die sämmtlichen Beinpaare der Brust gleich gebildet sind und dass sie am Schwanzende einen unpaaren griffelförmigen Fortsatz besitzen. — Nach beiden Merkmalen dürfte die auf Taf. III. Fig. 10 gezeichnete Larve von einem Thiere dieser Gruppe abstammen.

Die zweite Gruppe umfasst die in der Leibeshöhle von Krabben und Porcellanen lebenden Arten, die Gattung Entoniscus. Das letzte

Beinpaar der Brust ist bei den Larven abweichend gebildet; die Hinterleibsfüsse der Larve haben einen einzigen blattförmigen Endast.

Die dritte Gruppe, die Gattung Cryptoniscus, lebt an Rankenfüssern und Wurzelkrebsen. Hierher gehört ausser Cryptoniscus planarioides der in Balanus balanoides lebende Schmarotzer, welchen Goodsir als Männchen dieses Balanus beschrieb, Darwin aber als weibliche Schmarotzerassel erkannte [1], sowie Rathke's an Peltogaster paguri lebende Liriope pygmaea. Nach der mir brieflich mitgetheilten Ansicht eines der gründlichsten Kenner der Edriophthalmen, Spence Bate's, gehören diese drei Arten in eine einzige Gattung, für die ich den Namen Cryptoniscus beibehalten zu dürfen glaube, da der Name Liriope schon vor Rathke durch Lesson an eine Qualle vergeben wurde [2]. — Ein eigenes Urtheil über diese Ansicht Spence Bate's habe ich nicht, da mir die Beschreibung des Balanusschmarotzers von Goodsir und die Arbeit von Lilliebork über Liriope nicht zugänglich sind. — Bei den Jungen von Cryptoniscus planarioides ist, wie bei denen von Entoniscus, das letzte Beinpaar der Brust abweichend gebildet; die Schwimmfüsse des Hinterleibes aber tragen zwei griffelförmige Aeste.

Einer vierten Gruppe endlich scheint der an Copepoden schmarotzende Microniscus zugetheilt werden zu müssen. Bei keinem anderen bekannten Bopyriden ist zu irgend einer Lebenszeit das dritte Beinpaar der Brust abweichend von den übrigen gebaut.

Wie in vielen anderen Fällen finden wir also auch bei den Bopyriden, dass bestimmte Gruppen verwandter Schmarotzer auf bestimmte Gruppen verwandter Wohnthiere beschränkt sind. Dieses Vorkommen verwandter Schmarotzer an verwandten Wohnthieren, wobei nicht selten dem Verwandtschaftsgrade der Wirthe der Verwandtschaftsgrad der Gäste entspricht, lässt sich auf verschiedene Weise entstanden denken. Entweder war 1. schon die Stammform der Wirthe von der Stammform der Gäste bewohnt und während erstere sich umwandelnd in verschiedene Arten, Gattungen, Familien aus einander ging, thaten ein Gleiches, den Veränderungen der Wohnthiere sich anpassend, auch die Schmarotzer. Oder 2. die gemeinsame Stammform der Schmarotzer, die ursprünglich nur an einer bestimmten Art von Wohnthieren lebte und von dieser sich später auf andere verwandte Arten verbreitete, oder auch gleichzeitig auf mehreren verwandten Arten als Schmarotzer sich

---

1) Darwin, Monograph of the Cirripedia. Lepadidae. S. 55. Anm.

2) Ueber die Priorität der Lesson'schen Namengebung s. Max Schultze, Archiv für Naturgesch. 1859. I. S. 310, Anm. —

Digitized by Google

niederliess, nahm den Eigenthümlichkeiten der verschiedenen Wohnthiere entsprechende neue Formen an und zerfiel so in eine Gruppe verwandter Arten oder selbst Gattungen. Oder es konnten endlich 3. schon ursprünglich verschiedene verwandte Arten an anderen ebenfalls unter sich verwandten Arten zu schmarotzen beginnen. Bald mag vorwiegend die eine, bald die andere Weise, selten wohl ausschliesslich eine derselben die jetzt bestehende Vertheilung der Schmarotzer herbeigeführt haben. Mit Sicherheit den Antheil der einen und der anderen festzustellen, wird vielleicht in keinem Falle möglich sein.

Was die gesammte Familie der Bopyriden betrifft, so ist der erste der eben aufgezählten Fälle natürlich sofort auszuschliessen; denn zur Zeit, als die gemeinsame Stammform der Decapoden, Copepoden, Rankenfüsser und Wurzelkrebse lebte, an denen jetzt diese Schmarotzer vorkommen, gab es überhaupt noch keine Asseln. Die grösste Wahrscheinlichkeit hat hier der dritte Fall für sich. Es dürfte einst zwischen den Bopyriden und den übrigen Krustern ein ähnliches Verhältniss bestanden haben, wie gegenwärtig zwischen den Cymothoiden und den Fischen. Alle Cymothoiden scheinen an Fischen ihre Nahrung zu suchen; einige fallen schaarenweise über todte oder auch kranke Fische her; — andere, treffliche Schwimmer, heften sich nur zeitweise schleimfressend oder blutsaugend an lebende Fische, gelegentlich auch, wie ich selbst erfahren, an badende Menschen; — andere endlich, die Minderzahl, sind im Alter festsitzende Schmarotzer mit ziemlich verkrüppelten Bewegungswerkzeugen. Auch deren Vorfahren waren einst ohne Zweifel nur gelegentliche Besucher ihrer Wohnthiere und es ist nicht unwahrscheinlich, dass die Nachkommen mancher Arten, die jetzt noch frei leben, einst zu bleibenden Gästen der von ihnen besuchten Fische werden. Ebenso mögen einst die frei lebenden Vorfahren der Bopyriden an anderen Krustern ihre Nahrung gesucht und von diesen mögen verschiedene Arten nach und nach aus zeitweiligen Besuchern zu festsitzenden Schmarotzern geworden sein.

Anders stellt sich die Sache für die einzelnen Gruppen der Bopyriden. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass der gemeinsame Stammvater der Bopyrusarten, es ist so gut wie gewiss, dass derjenige der Entoniscus und ebenso derjenige der Cryptoniscusarten selbst schon ein Schmarotzer war und dass die Mehrzahl der heute mit solchen Schmarotzern behafteten Arten dieselben von ihren Vorfahren ererbt haben.

Besonders merkwürdig ist in dieser Beziehung die Cryptoniscusgruppe durch ihr gleichzeitiges Vorkommen an Rankenfüssern und Wurzelkrebsen. Wenn Schmarotzer, die auf eine bestimmte einzelne

Art von Wohnthieren beschränkt und von dieser so völlig abhängig sind, wie es mit Cryptoniscus der Fall ist, durch gelegentliches Verirren der Jungen sich auf andere Arten verbreiten, so wird dies sicher nur auf nahe verwandte Arten, nicht aber auf so weit verschiedene Thiere geschehen, wie jetzt Balanen und Wurzelkrebse sind. Sollte auch z. B. gelegentlich die Larve des GOODSIR'schen Cryptoniscus, statt den an Felsen haftenden Balanus aufzusuchen, sich in ein Schneckenhaus verirren, in welchem ein mit Peltogaster behafteter Pagurus wohnte, so ist es doch kaum denkbar, dass dieser Peltogaster trotz seiner völlig umgewandelten Form und trotz seiner völlig verschiedenen Nahrung in Geruch und Geschmack und überhaupt in der chemischen Beschaffenheit seiner Säfte dem Balanus so ähnlich geblieben sei, dass die Larve an ihm sich festsetzen und einen passenden Boden für ihre Entwickelung finden sollte. Dies ist um so weniger glaublich, als der GOODSIR'sche Schmarotzer nicht einmal die anderen Balaniden, die an gleicher Stelle und untermischt mit Balanus balanoides leben (Balanus perforatus und Chthamalus stellatus [1]), heimzusuchen scheint. Ein Uebersiedeln der Cryptoniscusarten von Rankenfüssern auf Wurzelkrebse oder umgekehrt ist mithin im höchsten Grade unwahrscheinlich; ich bin vielmehr der Meinung, dass die mit Cryptoniscus behafteten Wurzelkrebse dieselben von der Zeit her ererbt haben, wo ihre Vorfahren selbst noch Rankenfüsser waren. Dass von dem gemeinsamen Stammvater der Wurzelkrebse diese Schmarotzer, wie es scheint, nur auf wenige seiner Nachkommen übergegangen sind, ist dabei so wenig befremdlich, als dass oft nur sehr vereinzelte Thiere die ihrer Art eigenthümlichen Schmarotzer beherbergen. — Es würde demnach die Entstehung der Wurzelkrebse in eine verhältnissmässig neue Zeit fallen, in der schon die Familie der Bopyriden in die jetzt bestehenden Hauptgruppen sich aufgelöst hatte, oder mit anderen Worten die Gattung Cryptoniscus würde älter sein, als die ganze Gruppe der Rhizocephalen. Wie in diesem, mögen in manchen anderen Fällen die Schmarotzer zur Bestimmung des beziehungsweisen Alters verschiedener Thiergruppen sich benutzen lassen.

Ich habe im Vorstehenden den Cryptoniscus planarioides als Schmarotzer von Sacculina purpurea, der Bopyrus resupinatus als Schmarotzer von Pagurus bezeichnet, obwohl beide sich jetzt in vollkommen gleicher Weise zu Sacculina und Bopyrus verhalten, nämlich die Sacculina verdrängen, um aus deren im Pagurus fortwuchernden Wurzeln ihre Nahrung zu ziehen. Es wird dies keiner weitläufigen

---

[1]) DARWIN, Balanidae. S. 272.

Digitized by Google

Rechtfertigung bedürfen; denn offenbar ist Cryptoniscus von der Sacculina aus, Bopyrus vom Pagurus aus an den jetzt beiden gemeinsamen Wohnsitz, den Anheftungspunkt der Sacculina an den Pagurus gelangt. Cryptoniscus (Liriope) pygmaeus ist noch einfacher Schmarotzer von Peltogaster paguri, den er nicht verdrängt, und entsinne ich mich recht, so hat man im Vaterlande dieser Thiere auch einen Bopyrus gefunden, der als einfacher Schmarotzer am Hinterleibe von Pagurus lebt. Möglich, dass diese norwegischen Arten einst auch noch die bequeme und ausgiebige Nahrungsquelle entdecken, an der ihre brasilianischen Verwandten sich bereits niedergelassen haben.

Erklärung der Abbildungen.

Taf. III. Fig. 1—3. Entoniscus Cancrorum.

Fig. 1. Erwachsenes Weibchen.

Fig. 2. Jüngste Larve, in ihrer Lieblingsstellung.

Fig. 3. Dieselbe von der Bauchseite, mit ausgebreiteten Gliedmaassen.

Fig. 4—9. Bopyrus resupinatus.

Fig. 4. Jüngste Larve, vom Rücken. *l.* Leber.

Fig. 5. Aeltere Larve, an einem mit Sacculina behafteten Pagurus gefunden; (die drei letzten Beinpaare der Brust und die Schwimmfüsse des Hinterleibes sind weggelassen).

Fig. 6. Junges Weibchen, vom Rücken. *l.* Leber. *h.* Herz

Fig. 7. Erwachsenes Weibchen, vom Rücken.

Fig. 8. Ein solches von der Bauchseite.

Fig. 9. Männchen. *l.* Leber. *h.* Herz. *t.* Hoden.

Fig. 10. Bopyridenlarve von unbekannter Abkunft. *d.* Darm. *l.* Leber.

Fig. 11. Junge Cymothoe, der Bruthöhle der Mutter entnommen.

Taf. IV. Fig. 12—19. Cryptoniscus planarioides.

Fig. 12. Theile der jüngsten Larve: *a.* Kopf. *b.* ein Bein des 5. Paares der Brust. *c.* ein Schwimmfuss vom letzten (5.) Paare des Hinterleibes.

Fig. 13. Junges festsitzendes Weibchen. *h.* Herz. *l.* Leber (?). *ch.* Chitinkranz der Sacculina.

Fig. 14. Halbwüchsiges Weibchen. *c.* Mundende desselben. *L.* Leibeswand des Cryptoniscus. *m.* das in die Wurzeln der Sacculina eingesenkte Mundende; zwischen beiden der Chitinring der Sacculina, an dem man den im Innern des Pagurus sich ausbreitenden Kranz *k.* und die ausserhalb desselben liegende Platte *p.* unterscheidet.

Fig. 15. Mundende eines anderen Weibchens. *L.* und *m.* wie in Fig. 14. *B.* Eingang zur Bruthöhle des Cryptoniscus. *ch.* Chitinring der Sacculina.

Taf. IV. Fig. 16. Aelteres Weibchen.

Fig. 17. Weibchen mit fast reifer Brut. Am Anheftungspunkte grüne Sacculinawurzeln.

Fig. 18. Chitingerüst in der Leibeswand eines alten Weibchens. *B.* Eingang zur Bruthöhle, in welchem man 4 fingerförmige Anhänge sieht. *Ch.* Chitinplatte der Sacculina.

Fig. 19. Männchen. *h.* Herz. *l.* Leber.

Fig. 20. Microniscus fuscus.

Itajahy, Sa Catharina, Brazil,
im December 1869.

Ueber den Trimorphismus der Pontederien.

Von

Fritz Müller.

Vor mehreren Jahren wurde hier als Zierpflanze eine Pontederia (wahrscheinlich Pontederia crassipes) eingeführt, die sich seitdem auf ungeschlechtlichem Wege mit unglaublicher Schnelligkeit vermehrt hat. In einem Graben, in welchen ich vor noch nicht zwei Jahren eine kleine Pflanze dieser Pontederia warf, hat dieselbe auf weite Strecken ihre einheimische Verwandte, die Heteranthera reniformis R. & P., verdrängt, und entfaltet jetzt täglich Hunderte von Blüthenähren.

Nach Endlicher (Gen. plant. No. 1088, *b*, *a*.) sollen bei den eigentlichen Pontederien die Staubfäden ziemlich gleich lang sein. Unsere Pflanze dagegen (Fig. 4.) hat drei kurze und drei sehr lange Staubfäden; die Staubbeutel der ersteren liegen am Eingange der Blumenröhre, die der letzteren stehen etwa 2 Cm. darüber. Die Narbe steht zwischen diesen beiden Gruppen von Staubbeuteln, ganz wie bei der mittelgriffligen Form von Lythrum Salicaria. Es war mir kaum zweifelhaft, dass auch diese Pontederia trimorph sei und dass die, welche ihr Stamina subaequalia zuschrieben, lang- oder kurzgriffllige Pflanzen vor sich hatten, während die hier eingeführte Pflanze der mittelgriffligen Form angehörte. Ich war daher sehr gespannt, die Blumen einer zweiten Art zu untersuchen, die im unteren Laufe des Itajahy-mirim in grosser Menge an den Ufern hin wächst.

Bei einem Ausfluge, den ich deshalb im October 1868 nach dem »kleinen Flusse« machte, (wie von den Anwohnern des Itajahy der Itajahy-mirim gewöhnlich genannt wird), fand ich die Pontederia leider noch nicht in Blüthe. Dagegen leuchteten mir in voller Pracht ihre spannenlangen dunkelblauen Blüthenähren entgegen, als ich vor wenigen Tagen an der Mündung des kleinen Flusses vorüberfuhr. Nach dem Landen gelang es mir, vom Ufer aus einige Blüthen zu erreichen und

Digitized by Google

diese waren — zu meiner nicht geringen Freude — theils lang-, theils kurzgrifflig!

Um auch der mittelgriffligen Form habhaft zu werden, liess ich mich im Canoe den kleinen Fluss hinauffahren. Von jeder Pflanze, an der wir vorüberkamen, — (eine einzige Pflanze bedeckt oft eine Fläche von mehreren Quadratruthen) — wurde eine Aehre gepflückt und untersucht; aber umsonst! — Langgrifflig, kurzgrifflig, — kurzgrifflig, langgrifflig ging es fort und fort, bis ich nach stundenlangem vergeblichen Suchen umkehrte, ohne eine einzige mittelgrifflige Pflanze gefunden zu haben. —

Schon beim Beginn der Fahrt fiel es mir auf, dass die Blumen verschiedener Pflanzen sich sehr merklich in ihrer Farbe unterschieden; das Blau der einen war dunkler und rein, das der anderen blasser und ins Violette ziehend. Bald bemerkte ich, dass alle dunklen Blumen kurzgrifflig, die blasseren langgrifflig waren, so dass ich nun schon aus der Ferne die beiden Formen unterscheiden konnte. Unter Hunderte von Pflanzen kam keine Ausnahme vor.

Diese verschiedene Farbe der lang- und der kurzgriffligen Blumen ist eben so auffallend, als das Fehlen der mittelgriffligen Form. Hat die Pflanze, wie es bei manchen auf ungeschlechtlichem Wege rasch sich vermehrenden Arten der Fall zu sein scheint, das Vermögen verloren, keimfähige Samen zu erzeugen und sind alle Pflanzen des Itajahymirim nur Theile je eines lang- und eines kurzgriffligen Stockes? — Oder entstehen aus den durch Kreuzung je zweier Formen erzeugten Samen bei Pontederia nur immer wieder diese beiden Formen, aber nicht die dritte, und erben dann mit der Form der Staubgefässe und Griffel die Sämlinge auch die eigenthümliche Farbe des Vaters oder der Mutter? — Ich kann für jetzt keine Antwort geben, sondern nur für die Möglichkeit der einen wie der anderen Annahme auf ein ähnliches Verhalten trimorpher Oxalis-Arten hinweisen. Von einer auf der Insel Santa Catharina ungemein häufigen Art finden sich dort nur zwei Formen, die völlig unfruchtbar sind und sogar in der Regel nur ganz taube (»contabescirte« Gaertner) Staubbeutel hervorbringen. Aus Samen der langgriffligen Form einer weissen trimorphen Oxalis, die mit Blüthenstaub der längeren Staubgefässe der mittelgriffligen Form bestäubt worden war, erhielt ich nur lang- und mittelgrifflige, aber keine kurzgriffligen Sämlinge. Bemerken will ich noch, dass junge anscheinend gesunde Früchte sowohl an lang- als an kurzgriffligen Pflanzen von Pontederia in Menge vorhanden waren. —

Die trimorphen Pontederien sind in mehrfacher Beziehung der Beachtung werth. Zunächst schon als Zuwachs zu der noch so geringen

Digitized by Google

Zahl der bisher als trimorph erkannten Pflanzen, die alle der Gattung Lythrum und ihren nächsten Verwandten, sowie der Gattung Oxalis angehören. Dann als trimorphe Monocotyledonen; denn alle bisher bekannt gewordenen dimorphen und trimorphen Arten sind Dicotyledonen. Ferner als weiteres Beispiel für die Richtigkeit einer Vermuthung, die Darwin vor Jahren mir brieflich aussprach, dass nämlich Wasser- und Marschpflanzen besonders zum Dimorphismus geneigt seien. Vor allem aber wegen ihrer unregelmässigen Blüthen [1]) und der eigenthümlichen, von Lythrum und Oxalis völlig abweichenden Weise, in welcher bei ihnen der Trimorphismus zu Stande kommt. Bei Lythrum und Oxalis wechseln bekanntlich die längeren und kürzeren Staubfäden mit einander ab; jene stehen den Kelch-, diese den Blumenblättern gegenüber; die Staubbeutel desselben Staubblattkreises stehen in gleicher oder nahezu gleicher Höhe. Bei Pontederia dagegen gehört von den längeren Staubgefässen eines (Fig. 2, 3, 4, *A*) dem äusseren, zwei (Fig. 2, 3, 4, *B*) dem inneren Kreise an, von den kürzeren zwei (Fig. 2, 3, 4, *a*) dem äusseren, eines (Fig. 2, 3, 4, *b*) dem inneren Kreise; sowohl die drei längeren, als die drei kürzeren Staubgefässe entspringen neben einander. Sowohl in der Gruppe der längeren als in der der kürzeren Staubgefässe entspringen die den Kelchblättern gegenüberstehenden (*A*, *a*) etwas höher, als die den Blumenblättern gegenüberstehenden (*B*, *b*), so dass also von den längeren Staubgefässen das mittlere (*A*), welches von dem unpaaren (vorderen) Kelchblatte entspringt, höher steht, als die seitlichen (*B*), während umgekehrt von den kürzeren Staubgefässen das mittlere (*b*), welches von dem unpaaren in beiden Arten mit einem dottergelben Fleck gezeichneten Blumenblatte entspringt, tiefer steht, als seine Nachbarn (*a*). Bei der mittelgriffligen und langgriffligen Form stehen auch die Staubbeutel der beiden seitlichen kürzeren Staubgefässe in nicht ganz gleicher Höhe.

Die Blüthenstaubkörner sind bei der mittelgriffligen Form der Pontederia crassipes (?) ein wenig grösser in den langen, als in den kurzen Staubgefässen. Den Blüthenstaub der Pontederia des Itajahy-mirim habe ich nicht mikroskopisch untersucht. — Die aufwärts gebogene Narbe der langgriffligen Blumen der letzteren Art ist bedeutend grösser als die der kurzgriffligen, wie es bei vielen anderen dimorphen Pflanzen der Fall ist.

Noch einer Eigenthümlichkeit der Pontederia des Itajahy-mirim

---

1) »As yet I know of no case of dimorphism in flowers which are *very* irregular: such flowers being apparently always sufficiently visited and crossed by insects.« Darwin, brieflich, 1867.

Digitized by Google

mag hier beiläufig erwähnt sein. Die Kelch- und Blumenblätter sind nur am Schlunde der Blumenröhre mit einander verwachsen, im unteren

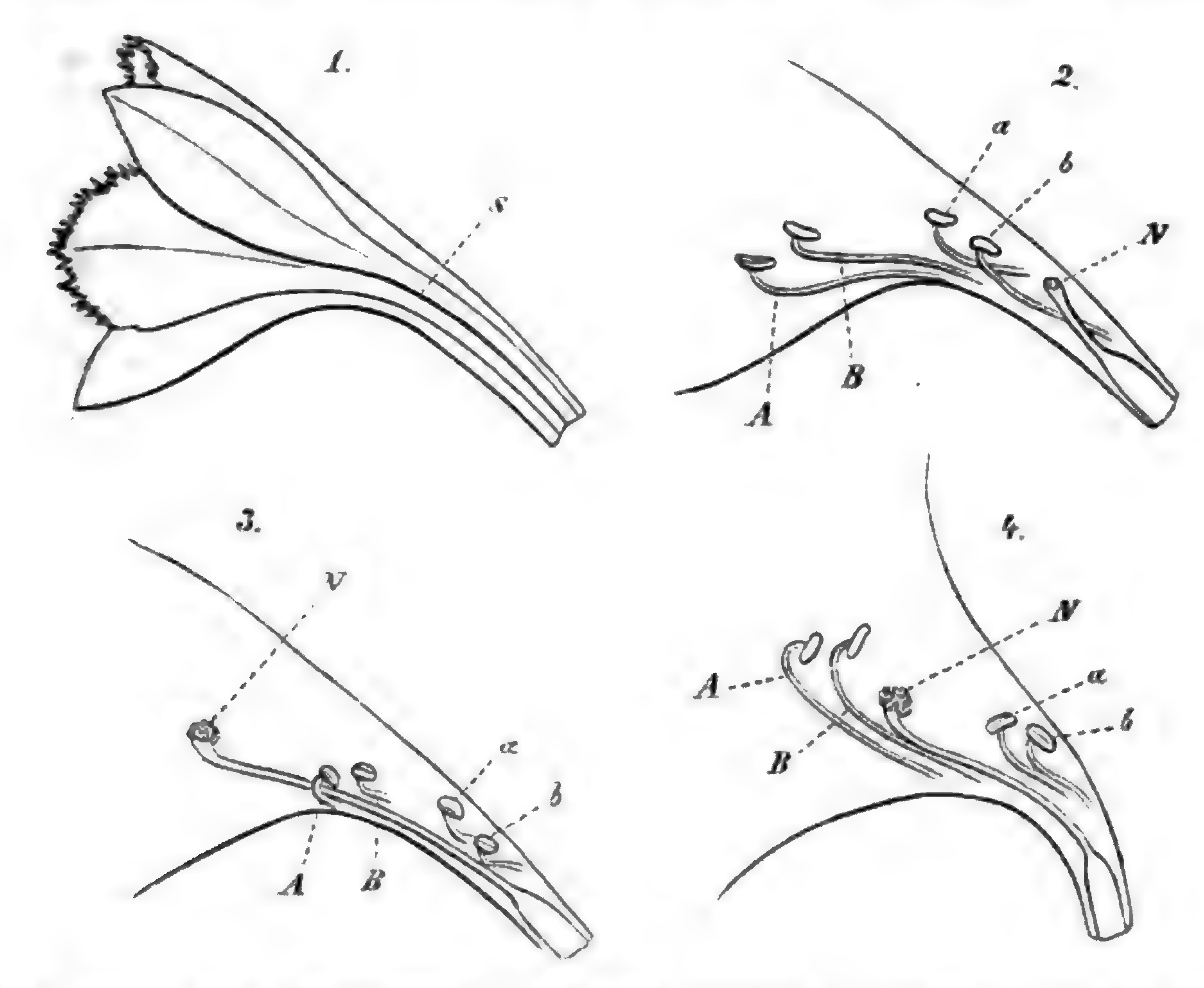


Fig. 1. Blume der Pontederia aus dem Itajahy-mirim, von der Seite, nat. Gr. — *s* Spalt zwischen den seitlichen Kelch- und seitlichen Blumenblättern.

Fig. 2. Griffel und Staubgefässe der kurzgriffligen Form dieser Art.

Fig. 3. Dieselben von der langgriffligen Form derselben Art.

Fig. 4. Dieselben von der mittelgriffligen Form einer anderen Pontederia (crassipes?). —

In Fig. 2, 3 und 4 bedeuten: *N.* Narbe. *A.* unpaares, *a* paariges Staubgefäss des äusseren Kreises. *B.* paariges, *b.* unpaares Staubgefäss des inneren Kreises. Ein Staubgefäss *a*, sowie ein Staubgefäss *B* ist weggelassen. —

Theile der Röhre dagegen frei; namentlich bleiben zwischen den seitlichen Kelch- und den seitlichen Blumenblättern deutlich klaffende Spalten (Fig. 1, *s*), durch die man den Griffel von aussen sehen kann. Das unpaare Blumenblatt war bei einigen kurzgriffligen Blumen auch in seinem unteren Theile mit den seitlichen Kelchblättern verwachsen. — Bei Pontederia crassipes (?) und Heteranthera reniformis sind Kelch- und Blumenblätter zu einer rings geschlossenen Röhre verwachsen. —

Die den Pontederien nahe verwandte Heteranthera reniformis ist nicht trimorph; die drei kürzeren Staubgefässe der trimorphen Pontederien, die von den seitlichen Kelchblättern und dem unpaaren Blumenblatt entspringen, fehlen hier; das übrig bleibende

Staubgefäss des äusseren Kreises ragt weit über die Blumenröhre vor und trägt einen bläulichen Staubbeutel, während die beiden Staubgefässe des inneren Kreises weit kürzer sind und gelbe Staubbeutel tragen. Der Griffel hat bei allen Pflanzen nahezu gleiche Länge und die Narbe steht in gleicher Höhe mit dem blauen Staubbeutel [1].

---

1) Endlicher's Angabe (gen. plant. No. 1087), dass Heteranthera »stamina 3, limbi lobis interioribus opposita« besitzt, ist wenigstens für H. reniformis falsch.

Itajahy, S^{a.} Catharina, Brazil,
im December 1869.

Ueber die Einwirkung von Ammoniak auf Thionylchlorür und Selenylchlorür.

Von

Dr. A. Michaelis.

I.

Trockenes Ammoniak wirkt nach SCHIFF[1]) so heftig auf Thionylchlorür ein, dass sich das Ganze unter Abscheidung von Schwefel rothbraun färbt. Durch starkes Abkühlen des Thionylchlorürs soll sich jedoch ein fast weisser unkrystallinischer Körper bilden, welcher an Wasser Salmiak abgiebt und sich sehr leicht dadurch unter Bildung von schwefligsaurem Ammoniak zersetzt.

SCHIFF nimmt, auf die Analogie der Zersetzung organischer Acichloride durch Ammoniak sich stützend, in diesem Körper Thionyldiamid SON_2H_4 an. Da SCHIFF denselben jedoch nicht isolirte und auch in der wässrigen Lösung gewiss noch andere Dinge als schwefligsaures Ammoniak enthalten sein mussten, so schien es mir nicht uninteressant diese Zersetzung genauer zu studiren.

Das angewandte Thionylchlorür wurde nach der von SCHIFF und CARIUS[2]) angegebenen Methode dargestellt. Dann ist dasselbe aber immer noch gelblich gefärbt. Um das Thionylchlorür farblos zu erhalten, muss es einige Zeit mit in die Höhe gerichtetem Kühler erhitzt und bei nachheriger Destillation das zuerst übergehende für sich aufgefangen werden.

Ich will hier noch bemerken, dass das Thionylchlorür ebenso wie schweflige Säure, auch Chlor sehr leicht absorbirt, indem es dabei die Farbe dieses Gases annimmt. Eine Einwirkung findet jedoch nicht statt, selbst nicht im directen Sonnenlicht.

---

1) Ann. d. Chem. u. Pharm. CII, p. 148.
2) Ann. d. Chem. u. Pharm. CXI, p. 93.

Digitized by Google

Zur Einwirkung von Ammoniak brachte ich das Thionylchlorür in einen kleinen weithalsigen Kolben, durch dessen Kork zwei Röhren gingen, eine längere, welche beliebig tief in den Kolben geschoben werden konnte, und eine kurze, welche als Ableitungsrohr diente.

Sobald durch erstere das durch Kali und Chlorcalcium getrocknete Ammoniak geleitet wurde, entstanden unter starker Erwärmung der Flüssigkeit weisse Nebel von Salmiak. Um die Reaction zu mässigen, wurde der Kolben fortwährend mit kaltem Wasser abgekühlt. Sobald das Ammoniak weniger mit Luft gemischt kam, legten sich gelbe Krystalle an die Wände des Kolbens; darauf bildete sich in den oberen Theilen ein rother Beschlag, während die unteren sich grünlich färbten.

Die Stärke der Einwirkung wurde durch das Verschieben des Zuleitungsrohres geregelt; zuletzt musste die gebildete feste Masse einigemal mit einem Glasstab zerdrückt werden, um eingeschlossenes Chlorthionyl mit dem Ammoniak in Berührung zu bringen.

1. Aus der schliesslich erhaltenen gelbweissen Masse liess sich durch Aether ein krystallisirender Körper ausziehen, der beim Erhitzen im trockenen Röhrchen mit Feuererscheinung verpuffte. In Aether löste sich jedoch nur wenig desselben, viel besser war er in Schwefelkohlenstoff löslich. Es wurde deshalb die ganze Masse fein gepulvert mit dem gleichen Volum Schwefelkohlenstoff übergossen, im Wasserbad mit umgekehrtem Kühler erhitzt, die erhaltene rothe Lösung klar abgegossen, abdestillirt, das ungelöst Gebliebene von Neuem mit dem abdestillirten Schwefelkohlenstoff wie oben behandelt und dies so lange wiederholt als sich der Schwefelkohlenstoff noch färbte.

Aus den erhaltenen concentrirten Lösungen, die eine tief dunkelrothe Farbe hatten, wurde dieser Körper in gelbrothen Krystallen des rhombischen Systems erhalten.

Durch Wasser wurde derselbe nicht verändert, in Alkalien löste er sich unter Entwickelung von Ammoniak mit gelber Farbe auf. Aus dieser Lösung schied sich durch Säurezusatz Schwefel ab unter Bildung von schwefliger Säure und Schwefelsäure.

Nach allen diesen Reactionen war es wahrscheinlich, dass dieser Körper aus Schwefelstickstoff bestand.

Zur Analyse wurde das Verhalten gegen Alkalien benutzt. Der Stickstoff wurde dabei aus dem entwickelten Ammoniak, der Schwefel als Schwefelsäure, in welche das in der alkalischen Lösung enthaltene polythionsaure Salz durch Einleiten von Chlor übergeführt wurde, bestimmt.

0,2468 Grm. Subst. lieferten 0,5280 Platin entspr. 30,30 Proc. Stickstoff und 1,2458 Baryumsulfat entspr. 69,32 Proc. Schwefel.

Digitized by Google

Diese Zahlen entsprechen der Formel NS des Schwefelstickstoffs

	ber.	gef.
S =	69,56	69,32
N =	30,44	30,30
	100,00	99,62.

Es war also hier aus dem Chlorid der schwefligen Säure ein Körper entstanden, der sonst nur durch Einwirkung von Ammoniak auf ein Chlorid des Schwefels erhalten wird. So erhielt Soubeiran [1]) zuerst eine Verbindung von Schwefel und Stickstoff. Er beschreibt diese als grünes beim Erhitzen gelb werdendes Pulver und giebt ihr die Zusammensetzung NS_3.

Bald darauf behauptete Laurent [2]), dieser Körper sei ein Gemenge eines sauerstoffhaltigen und eines wasserstoffhaltigen Körpers, welch letzterer die Formel S^2NH besässe. Da diese Ansicht Laurent's jedoch nicht hinreichend durch Versuche bestätigt war, so nahmen Fordos und Gelis [3]) die Untersuchung wieder auf und zeigten, dass der durch Einwirkung von Ammoniak auf Chlorschwefel erhaltene Körper ein Gemenge von fünf verschiedenen Substanzen sei. Kalter Schwefelkohlenstoff entzog diesen Schwefel, siedender Schwefelstickstoff. Durch mehrere genaue Analysen stellten sie für diesen Körper die Formel NS^2, oder nach unseren jetzigen Atomgewichten NS, fest. Sie beschreiben den Schwefelstickstoff als orangegelbe rhombische Krystalle, die beim Zerreiben ein goldgelbes Pulver geben, durch Erhitzen mit Feuererscheinung verpuffen und durch starkes Reiben unter heftigem Knall und Zertrümmern des Gefässes explodiren.

Zuletzt ist der Schwefelstickstoff von Niklès [4]) untersucht; nach diesen bildet derselbe gerade rhombische Prismen von 89°10′, die durch Flächen zugespitzt sind, welche auf den Prismenflächen unter 139° aufgesetzt sind.

Durch die Einwirkung von Ammoniak auf Thionylchlorür wird der Schwefelstickstoff ganz rein, ohne jede Beimengung von Schwefel erhalten. Die Ausbeute beträgt 10 Proc. vom angewandten Thionylchlorür. Zu den schon von Fordos und Gelis über den Schwefelstickstoff Bekannten kann ich noch Folgendes hinzufügen.

Beim langsamen Erhitzen im Paraffinbad bis auf 120° färbt sich der Schwefelstickstoff dunkelroth; dann tritt der eigenthümlich reizende Geruch dieses in der Kälte geruchlosen Körpers deutlich hervor. Bei

1) Ann. d. Chem. u. Pharm. XXVIII, 59.
2) Compt. rend. XXIX, 557.
3) Ann. d. Chem. u. Pharm. LXXVIII, 71.
4) Ann. de chim. et de phys. (3.) T. XXXII, p. 420.

weiterem Erhitzen bis 135° sublimirt der Schwefelstickstoff in kleinen gelbrothen Krystallen; bei 158° schmilzt er unter langsamer Gasentwickelung und bei 160° zersetzt er sich unter Verpuffen und schwacher Feuerscheinung. Das spec. Gewicht des Schwefelstickstoffs ist bei 15° = 2,1166.

Trockenes Ammoniak wirkt nicht merklich auf Schwefelstickstoff ein. Als ich denselben mit einer ätherischen Lösung von Ammoniak in eine Glasröhre einschloss und im Wasserbad erhitzte, erhielt ich ausser unveränderten Schwefelstickstoff nur sehr wenig einer weissen Substanz, die in Wasser unlöslich war und in der Hitze unverändert sublimirte.

Trockene Salzsäure wirkt auf erwärmten Schwefelstickstoff heftig ein; es bildet sich ein rother Körper, der sich sublimirt, während Salmiak zurückbleibt und zugleich der Geruch nach Chlorschwefel deutlich zu bemerken ist. In heissem Aether löste sich der so entstandene rothe Körper mit gelber Farbe auf, allein nicht unverändert, denn es schieden sich aus dieser Lösung beim Verdampfen weisse Krystalle aus, welche, da sie einen kohligen Rückstand hinterliessen, durch Einwirkung auf den Aether entstanden sein mussten. Die rothe Verbindung war vielleicht der von Fordos und Gelis [1] beschriebene Körper $SCl_2 4NS$ und gemäss der Gleichung

$$15NS + 8HCl = 2(NH_4Cl) + 3(SCl_2 4NS) + N$$

entstanden.

Fordos und Gelis beschreiben ihn als cochenillerothe Substanz, die sie zugleich mit zwei anderen Körpern, von der Zusammensetzung $SCl_2 2NS$ und $SCl_2 6NS$ durch Einwirkung von Schwefelbichlorid auf eine Lösung von Schwefelstickstoff in Schwefelkohlenstoff erhielten.

Die eingangs mitgetheilte Angabe von Schiff, dass sich bei der Einwirkung von Ammoniak auf Thionylchlorür Schwefel abscheide, ist also nicht richtig. Die rothbraune Färbung der Masse rührt von Schwefelstickstoff her.

2. Die mit Schwefelkohlenstoff erschöpfte ursprüngliche Substanz, hatte noch eine gelbe Farbe. Mit Wasser behandelt schied sich aus ihr ein gelbes Pulver ab, welches trocken erhitzt, etwas schwächer wie Schwefelstickstoff verpuffte. Dieses Pulver ist wahrscheinlich von Schiff für Schwefel gehalten worden.

Eine Analyse dieses Pulvers zeigte, dass dasselbe ein Gemenge von zwei Theilen Schwefelstickstoff und einem Theil Schwefel war. Durch Behandeln mit kaltem Schwefelkohlenstoff konnte dieser ausgezogen

1) Ann. d. Chem. u. Pharm. LXXX, p. 262.

Digitized by Google

werden; der Rückstand lieferte dann durch Umkrystallisiren aus heissem Schwefelkohlenstoff reinen Schwefelstickstoff.

Da Schwefelkohlenstoff vorher nichts mehr ausgezogen hatte, wovon ich mich durch wiederholtes Behandeln mit denselben überzeugte, so musste in der Masse eine Substanz enthalten sein, die sich durch Wasser in Schwefel und Schwefelstickstoff zersetzte. Vorzüglich viel des gelben Pulvers lieferten die farbigen Beschläge, die durch Schwefelkohlenstoff fast nicht verändert wurden. Diese bestanden wahrscheinlich aus den oben angegebenen Verbindungen des Schwefelstickstoffs mit Schwefelchlorid und wurden durch Wasser beispielsweise nach der Gleichung

$$2(SCl_2, 2NS) + 2H_2O = S + 4NS + SO_2 + 4HCl$$

zersetzt.

Das Filtrat von dem gelben Pulver zeigte folgendes Verhalten.

Mit verdünnten Säuren erhitzt, schied sich Schwefel ab und es bildete sich schweflige und Schwefelsäure. Beim Zusatz der Säure nahm die Flüssigkeit vorübergehend eine rothe Farbe an. Wurde vorher Aether zugesetzt und geschüttelt, so ging auf diesen die rothe Farbe über, allein sie war auch dann nicht beständig.

Durch Silberlösung trat eine weisse Fällung ein, die sich allmählich grau färbte. Durch Erwärmen mit Alkalien entwickelte sich Ammoniak.

Zu einer näheren Untersuchung war es zuerst nothwendig den Salmiak zu entfernen. Um so wenig wie möglich von diesem in Lösung zu erhalten, zersetzte ich mit zu völliger Lösung unzureichender Menge Wasser, filtrirte die gelbe sauer reagirende Flüssigkeit ab und versetzte mit einer concentrirten alkoholischen Lösung von Bleiacetat in geringen Ueberschuss. Das Filtrat vom ausgeschiedenen Chlorblei wurde sodann mit ungefähr einem gleichen Volum absoluten Alkohol vermischt, um noch gelöstes Chlorblei zu entfernen, einige Stunden stehen gelassen, wiederum filtrirt und sodann noch das vier bis sechsfache Volum absoluten Alkohols zugegeben. Der entstandene voluminöse Niederschlag wurde abfiltrirt und das sauer reagirende Filtrat mit Ammoniak neutralisirt, wodurch wiederum ein gerade so aussehender Niederschlag erhalten wurde.

Beide Niederschläge waren in Wasser fast unlöslich, völlig unlöslich in Alkohol, sehr leicht löslich in Salpetersäure, theilweise in Essigsäure. Aus diesen Lösungen wurden sie durch Neutralisiren mit Ammoniak wiederum abgeschieden.

Der in Essigsäure unlösliche Theil des Niederschlages gab, in Salpetersäure gelöst, mit Silbernitrat eine gelbe bald schwarz werdende Fällung, der in Essigsäure lösliche Theil dagegen gab mit Silberlösung

einen weissen Niederschlag, der sich beim Stehen wenig veränderte. Dieser Theil war wahrscheinlich durch Einwirkung von dem zugefügten Ammoniak auf Chlorblei entstanden.

Der ganze Niederschlag wurde daher mit verdünnter Essigsäure behandelt, der Rückstand noch mit dieser ausgewaschen und dann in verdünnter Salpetersäure gelöst, wobei noch etwas hartnäckig anhaftendes Chlorblei zurückblieb. Die Lösung wurde dann mit Ammoniak neutralisirt und durch Zusatz von Alkohol vollständig gefällt. Da das Chlorblei ebenfalls in Salpersäure etwas löslich ist, so gelingt es nicht, selbst bei mehrfachem Lösen und Fällen den Niederschlag frei von Chlor zu erhalten. Derselbe gab jetzt mit Silberlösung eine gelbe Fällung, die sich bald schwärzte, mit salpetersaurem Quecksilberoxydul sofort eine schwarze Fällung. Durch Erhitzen mit Salpetersäure entwickelten sich unter Aufbrausen und Abscheidung von Schwefel rothe Dämpfe.

Alle diese Reactionen wiesen darauf hin, dass ich hier ein Gemenge von tetrathionsaurem und trithionsaurem Salz hatte. Um darüber Gewissheit zu erhalten, blieb nichts weiter übrig als eine Bestimmung aller darin enthaltenen Elemente, so weit dies möglich, auszuführen.

Zur Bestimmung von Blei und Schwefel wurde ein Theil der Substanz durch Erhitzen mit verdünnter Salpetersäure zersetzt, diese im Wasserbade concentrirt und dann eine Zeitlang mit etwas rauchender Salpetersäure behandelt, um ausgeschiedenen Schwefel zu lösen. Nachdem schliesslich die Salpetersäure im Wasserbade verjagt, blieb schwefelsaures Blei und Schwefelsäure zurück; ersteres wurde als solches bestimmt, letztere als Baryumsulfat gefällt.

Die Resultate der Analyse waren folgende:

0,2043 Grm. Subst. gaben 0,0467 Grm. Chlorsilber = 5,66 Proc. Chlor
0,2108 Grm. Subst. gaben 0,1701 Grm. SO_4Pb = 54,63 Proc.

Blei und 0,0113 Grm. Schwefel, ferner 0,2432 Grm. schwefelsauren Baryt = 0,0334 Grm. Schwefel. Der gesammte Schwefelgehalt war also 0,0447 Grm. = 21,20 Proc.

Berechnet man das gefundene Chlor auf Chlorblei, so war die Zusammensetzung in 100 Theilen folgende:

S = 21,20	oder nach Abzug vom Chlorblei
PbO = 42,03	S = 27,23
{Pb = 16,51	PbO = 53,87
Cl = 5,66}	O = 18,90
O = 14,60	100,00.

Diese Zahlen stimmen ziemlich nahe mit der Formel $S^7O^{10}Pb^2O^2$ d. h. $S^4O^5PbO + S^3O^5PbO$ überein, welche verlangt:

Digitized by Google

$$\begin{aligned} S &= 26,99 \\ PbO &= 53,76 \\ O &= 19,25 \\ \hline & 100,00. \end{aligned}$$

Die Verbindung bestand also, mit den Reactionen in Uebereinstimmung, aus tetrathion- und trithionsaurem Salz.

Als von der Flüssigkeit, aus der diese Salze gefällt waren, der Alkohol im Wasserbade abdestillirt wurde, zeigte der Rückstand sehr deutlich die vorübergehende rothe Färbung auf Säurezusatz. Da die darin enthaltene Verbindung sich beim weiteren Eindampfen unter Abscheidung von Schwefel zersetzte, so schüttelte ich mit Aether und liess diesen bei sehr gelinder Wärme verdampfen. Es krystallisirten dann dünne atlasglänzende Krystalle aus, die sich aber aus Schwefel bestehend erwiesen. Die Verbindung war also auch jetzt wieder zersetzt und ich musste darauf verzichten sie zu isoliren.

Das durch die Einwirkung von Ammoniak auf Chlorthionyl neben Schwefelstickstoff erhaltene Product zerfiel also durch Wasser in Schwefel, Schwefelstickstoff und tetrathion- und trithionsaures Ammoniak und eine unbekannte sehr leicht zersetzbare Substanz.

Durch Einwirkung von Ammoniak auf stark abgekühltes Thionylchlorür gelang es mir nicht, den von Schiff angegebenen weissen Körper zu erhalten; die Zersetzung verlief vielmehr gerade so, wie früher angegeben, nur dass die rothe Farbe bei den farbigen Beschlägen fast ganz zurücktrat. Gegen Schwefelkohlenstoff so wie gegen Wasser zeigte die erhaltene Masse dasselbe Verhalten wie bei den früheren Versuchen.

Ich führte schliesslich noch eine Gemenge-Analyse der durch Schwefelkohlenstoff vom Schwefelstickstoff völlig befreiten Masse aus.

Die Analyse lieferte folgende Zahlen:

0,2216 Grm. Subst. gab 0,3966 Grm. Chlorsilber = 43,67 Proc. Chlor.
0,2503 ,, ,, ,, 0,2210 Grm. Baryumsulfat = 12,10 Proc. Schwefel.
0,2628 ,, ,, ,, 0,3897 Grm. Platin = 21,00 Proc. Stickstoff.
0,1206 ,, ,, ,, lieferte beim Verbrennen mit chromsaurem Blei 0,0769 Grm. Wasser = 7,08 Proc. Wasserstoff.

Die Substanz bestand also in 100 Theilen.

$$\begin{aligned} S &= 12,10 \\ N &= 21,00 \\ Cl &= 43,67 \\ H &= 7,08 \\ O &= 16,15 \end{aligned}$$

Digitized by Google

Berechnet man nun das Chlor auf Salmiak, so bleibt für die gebildete Substanz

O =	16,45
S =	12,10
N =	3,78
H =	1,88
	33,91.

Auf diese Zahlen lässt sich nur annähernd eine Formel berechnen. Am genauesten stimmt die Formel $S_4N_8H_{20}O_{10}$ damit überein

	ber.	gef.
S =	36,6	35,7
N =	12,0	11,1
H =	5,7	5,6
O =	45,7	47,6
	100,00	100,00.

Nach allem diesem scheint es mir wahrscheinlich, dass das Thionylchlorür nicht den organischen Acichloriden analog zersetzt wird. Das Chlor ist in ersterem viel stärker an den Schwefel gebunden, wie dort an das Radical und demzufolge wirkt das Ammoniak nicht auf das Chlor allein, sondern auf SCl_2 und bewirkt auf diese Weise die Bildung von Schwefelstickstoff. Der gleichzeitig bei dieser Reaction gebildete Schwefel wird dann unter Bildung von schwefliger Säure durch den freigewordenen Sauerstoff oxydirt und es entsteht durch Einwirkung derselben auf Ammoniak das sogenannte trockene zweifach schwefligsaure Ammoniak. Dies giebt bei der Zersetzung durch Wasser zu der Entstehung der Polythionsäuren und der sich durch Säuren röthenden Substanz Veranlassung, denn auch durch directe Zersetzung dieses Körpers erhält man ähnliche Producte[1].

Diese Beziehungen durch eine Zersetzungsgleichung des Thionylchlorürs auszudrücken, ist mir nicht gelungen, da der Process dabei, in Folge secundärer Zersetzungen zu verwickelt ist. Jedenfalls scheint mir aber die Annahme einer Bildung von Thionylamid unstatthaft zu sein.

II.

Es schien mir nicht uninteressant, auch die Einwirkung von Ammoniak auf die dem Thionylchlorür entsprechende Selenverbindung, das Selenylchlorür, zu untersuchen, da vielleicht auf diese Weise Selenstickstoff erhalten werden konnte.

Zunächst musste ich das Selenylchlorür darstellen. Dieses ist zu-

1) Gmelin, Handb. der anorg. Chem. I. 880.

Digitized by Google

erst von Weber[1]) durch Einwirkung von seleniger Säure auf Selentetrachlorid erhalten. Ehe ich diesen Weg einschlug, versuchte ich zuerst diesen Körper analog dem Thionylchlorür durch Einwirkung von Phosphorsuperchlorid auf selenige Säure zu erhalten.

Gleiche Aequivalente beider Substanzen wurden in einer in die Höhe gerichteten und mit einem Chlorcalciumrohr verbundenen Retorte zusammengebracht. Es trat sogleich starke Erwärmung ein und die Masse verflüssigte sich allmählich. Als ich diese Flüssigkeit aber zu destilliren versuchte, wurde sie auf einmal wieder fest.

Bei stärkerem Erhitzen destillirte nun Phosphoroxychlorid über und es sublimirte ein fester gelblich aussehender Körper in den Hals der Retorte. Ich leitete nun durch den Tubulus einen Strom trockenes Kohlensäuregas ein, wodurch es gelang alles flüchtige in den Hals der Retorte zu sublimiren. Am Boden derselben blieb ein klarer geschmolzener Rückstand.

1. Der flüchtige Körper sublimirte in der Hitze, ohne zu schmelzen, sein Dampf hatte eine grüngelbe Farbe. Durch Wasser wurde er sofort zersetzt, die erhaltene Lösung gab mit Silberlösung einen weissen Niederschlag, der in Salpetersäure unlöslich war; durch schweflige Säure wurde daraus alles Selen gefällt.

Nach allem diesem schien es mir wahrscheinlich, dass derselbe aus Selentetrachlorid bestand. Zur Analyse wurde die noch einmal im Kohlensäurestrom sublimirte Substanz durch ammoniakhaltiges Wasser zersetzt und das Chlor als Chlorsilber, das Selen als solches bestimmt. Das gefällte Chlorsilber muss anhaltend mit verdünnter Salpetersäure ausgewaschen werden, da das selenigsaure Silber schwer löslich ist.

0,5502 Grm. Subst. gaben 1,4237 Grm. Chlorsilber = 64,01 Proc. Chlor und 0,1921 Selen = 34,92 Proc. Diese Zahlen entsprechen der Formel $SeCl_4$ des Selentetrachlorids.

	ber.	gef.
Se =	35,86	34,92
Cl =	64,14	64,01
	100,00	98,93.

Zersetzt man Selentetrachlorid mit ganz wenig Wasser und lässt die erhaltene Flüssigkeit unter einer Glasglocke über Kalk und Schwefelsäure verdunsten, so erhält man das Hydrat der selenigen Säure in hexagonalen Säulen, die bei längerem Stehen unter der Glocke verwittern. Dieses Hydrat wurde schon von Berzelius[2]) erhalten und in

1) Pogg., Ann. der Phys. u. Chem. CVIII, 615.
2) Gmelin, Handb. der Chem. I, 680.

Digitized by Google

der neuesten Zeit von Weber[1]) analysirt. Nach diesen hat es die Formel: SeO^3H^2.

Hier will ich noch einige Beobachtungen, die ich bei Gelegenheit dieser Analyse machte, in Bezug auf das Verhalten der selenigen Säure und ihrer Salze gegen schweflige Säure anführen.

Alle neutralen Salze der selenigen Säure werden durch schweflige Säure nicht gefällt, auch beim Kochen und längeren Stehen nicht.

Die zweifach und vierfach sauren Salze werden in verdünnter Lösung ebenfalls nicht gefällt; concentrirte Lösungen nehmen zuerst eine gelbe, dann eine rothe Farbe an, ohne sich zu trüben. Beim Kochen werden diese Lösungen unter Abscheidung von nur wenig Selen farblos und scheiden dann kein Selen mehr aus.

Alle Salze werden aber durch Zusatz von Salzsäure (beim Erhitzen sofort) vollständig gefällt. Wendet man statt der Salzsäure Schwefelsäure an, so tritt nur sehr geringe Fällung ein. Eine Lösung von freier seleniger Säure in verdünnter Schwefelsäure wird aber durch schweflige Säure sogleich gefällt, ebenso tritt sofort Fällung ein, wenn man Schwefelsäure mit einem Alkali sättigt, darauf selenige Säure hinzufügt und dann mit schwefliger Säure vermischt.

Die Schwefelsäure scheidet also aus selenigsauren Salzen keine freie selenige Säure aus, sondern bildet höchstens vierfach saures Salz.

Allgemein folgt also, dass selenigsaure Salze nur bei Gegenwart von freier Salzsäure vollständig gefällt werden. Will man dieser keine katalytische Kraft zuschreiben, so muss man annehmen, dass durch dieselbe eine theilweise Zersetzung eintritt. Vielleicht geht diese nach der Gleichung

$$\overset{IV}{Se}\begin{matrix}OH\\OH\\OH\\OH\end{matrix} + 2HCl = \overset{IV}{Se}\begin{matrix}OH\\Cl\\Cl\\OH\end{matrix} + 2H_2O$$

vor sich. Durch Zusatz von schwefliger Säure könnte dann folgende Zersetzung eintreten:

$$\overset{IV}{Se}\begin{matrix}OH\\Cl\\Cl\\OH\end{matrix} + 2SO_2 = 2SO_3 + 2HCl + Se$$

Sowie diese Substanz zersetzt, bildete sich dann aus der selenigen Säure und Salzsäure dieser Körper von neuem, um gleichfalls Zersetzung zu erleiden, und so fort.

---

1) Chem. Centralblatt f. 1863. p. 575.

Digitized by Google

Eine solche Einwirkung erhält einige Wahrscheinlichkeit durch die Angabe RATHKE's [1], dass eine Lösung von seleniger Säure in Salzsäure beim Abdampfen Chlorselen liefert [2].

2. Der in der Retorte zurückgebliebene glasige Rückstand erwies sich als Phosphorsäureanhydrid.

Der Process der Bildung des Tetrachlorids verläuft demnach in zwei Phasen. Zuerst entsteht, analog der Wirkung von Phosphorsuperchlorid auf schweflige Säure, Selenylchlorür und Phosphoroxychlorid. Dabei wird die Masse flüssig.

$$3SeO_2 + 3PCl_5 = 3SeOCl_2 + 3POCl_3.$$

Durch Einwirkung von Phosphoroxychlorid auf das Selenylchlorür bildet sich dann Selentetrachlorid und Phosphorsäureanhydrid. Dabei wird die Masse wieder fest.

$$3SeOCl_2 + 2POCl_3 = 3SeCl_4 + P_2O_5.$$

Um mich von der Richtigkeit dieser Ansicht zu überzeugen, erhitzte ich Phosphoroxychlorid und Selenylchlorür zusammen; es bildete sich dann ebenso Selentetrachlorid und Phosphorsäureanhydrid.

Diese Reaction lässt sich zu einer leichten und schnellen Darstellungsweise des Tetrachlorids auf die Weise benutzen, dass man, am besten in einer langhalsigen kleinen Kochflasche, die mit dem umgekehrten LIEBIG'schen Kühler verbunden ist, Phosphorsuperchlorid und Selenigsäureanhydrid auf einander wirken lässt. Zuerst bringt man das Phosphorsuperchlorid (13 Th. PCl_5 auf 7 Th. SeO_2) in dieselbe und fügt dann die selenige Säure portionenweise hinzu, indem man jedesmal die Beendigung der eintretenden Reaction abwartet. Dann wird die zuletzt flüssig gewordene Masse so lange bei gelindem Feuer erhitzt, bis sie wieder völlig fest geworden ist. Darauf leitet man einen raschen Strom Kohlensäure ein und destillirt in diesen das Phosphoroxychlorid über. Zuletzt erwärmt man mit einer zweiten Lampe die Wände der Kochflasche, um Phosphoroxychlorid, das sich hier verdichtet hat, zu entfernen. Um das Tetrachlorid rein zu erhalten, ist es nöthig dies Einleiten und Erwärmen eine Zeitlang fortzusetzen. Schliesslich setzt man durch einen Kork eine weitere Glasröhre auf die Kochflasche und sublimirt in einem vorher geheizten Sandbade, so dass keine Abkühlung

---

1) Ann. der Chem. u. Pharm. CLII, p. 194.

2) Bei dieser Untersuchung machte ich noch folgende Beobachtung. Versetzt man eine verdunnte Lösung von seleniger Säure mit etwas phosphoriger Säure und fügt dann einen Ueberschuss von schwefliger Säure hinzu, so entsteht beim Erwärmen Schwefelselen, indem durch die phosphorige Säure auch die schweflige Säure beim Erhitzen reducirt wird.

der Kochflasche eintritt, wobei sie zerspringen würde, das Selentetrachlorid in den Hals derselben. Die Phosphorsäure setzt sich fest auf den Boden und lässt sich durch Absprengen desselben entfernen.

In dem überdestillirten Phosphoroxychlorid ist immer noch etwas Selentetrachlorid gelöst enthalten. Lässt man diese Lösung einige Zeit stehen, so krystallisirt dasselbe in glänzenden Würfeln aus. Auch durch directes Lösen dieses Körpers in heissem Oxychlorid erhält man beim Erkalten diese Krystalle.

Ein zweiter Versuch zur Darstellung von Selenylchlorür, durch Einwirkung von Phosphoroxychlorid auf selenige Säure, welche Körper nach der Gleichung:

$$3SeO_2 + 2POCl_3 = 3SeOCl_2 + P_2O_5$$

auf einander wirken konnten, schlug deshalb fehl, weil sich die gebildete Phosphorsäure so fest um die selenige Säure legt, dass diese dadurch einer weitern Einwirkung entzogen wird.

Ein dritter Versuch, der auf ganz unerwartete Resultate führte, wird später für sich beschrieben werden.

Nach diesen Erfahrungen sah ich mich genöthigt zur Darstellungsweise des Selenylchlorürs das Verfahren Weber's anzuwenden. Zu dem Zweck erhitzte ich Selentetrachlorid mit seleniger Säure im Ueberschuss, der nach Weber nöthig ist, im zugeschmolzenen Glasrohr im Oelbad auf 150°, bei welcher Temperatur die Masse flüssig wurde. Bei der Destillation dieser Flüssigkeit fand ich, dass dieselbe schon bei 175° überging, während das Selenylchlorür nach Weber erst bei 220° siedet. Das zuerst übergehende war röthlich gefärbt, dann aber ging die Flüssigkeit heller über und bei mehrfacher Destillation war sie nur noch schwach gelblich gefärbt. Man darf bei diesen Destillationen jedoch keinen Kork, der stark von den Dämpfen des Selenylchlorürs angegriffen wird und dasselbe verunreinigt, anwenden, sondern einen mit Kautschuk umgebenen Glasstab.

In dem Destillationsgefäss blieb bei den ersten Destillationen immer ein fester weisser Körper zurück, der sich als selenige Säure erwies. Beim Erhitzen löste sich diese im Acichlorid wieder auf, so dass letzteres sich gegen selenige Säure gerade so verhält, wie das Thionylchlorür gegen die schweflige Säure. Aus dieser Lösung krystallisirt die selenige Säure nicht in Nadeln, sondern in würfelähnlichen Krystallen. Beim Destilliren geht sie stets theilweise mit über, so dass es zweckmässig ist, einen Ueberschuss von ihr bei der Darstellung des Selenylchlorürs zu vermeiden. Am besten bringt man die beiden Körper im Aequivalentverhältniss zusammen, wobei sie gerade auf Selenylchlorür bilden.

Digitized by Google

Das so erhaltene Product bildet eine schwach gelblich gefärbte Flüssigkeit, die bei 179°5, C. corrg. siedet. Unter 0° erstarrt sie zu einer krystallinischen, farblosen Masse, die bei 10° erst wieder zu schmelzen beginnt.

Das spec. Gewicht fand ich bei 13° = 2,443. WEBER giebt 2,44 an.

Die Analyse wurde so ausgeführt, dass die im Röhrchen gewogene Substanz durch ammoniakhaltiges Wasser zersetzt und das Chlor als Chlorsilber gefällt wurde. Aus dem Filtrat wurde die Salpetersäure durch Eindampfen im Wasserbade verjagt, der Rückstand im Wasser gelöst, das überschüssige Silber durch Salzsäure gefällt und dann das Selen im Filtrat durch anhaltendes Einleiten von schwefliger Säure niedergeschlagen.

0,4041 Grm. Subst. lieferten 0,6928 Grm. Chlorsilber = 42,45 Proc. Chlor und 0,1938 Selen = 47,95 Proc.

Die Formel $SeOCl_2$ verlangt:

	ber.	gef.
Se =	47,73	47,95
Cl =	42,66	42,45
O =	9,61	—
	100,00.	

Daraus folgt, dass das von mir erhaltene Product reines Selenylchlorür war und dass der Siedepunkt desselben also bei 179°,5 corrg. liegt und nicht bei 220°, wie WEBER angiebt.

Zur Einwirkung von Ammoniak auf das Selenylchlorür, verfuhr ich wie bei der Einwirkung auf Thionylchlorür. Als ich zuerst so stark abkühlte, dass das Selenylchlorür erstarrte, zeigte sich nur oberflächliche Einwirkung, sowie dasselbe aber flüssig wurde, färbte es sich roth und es bildeten sich unter starker Wärmeentwickelung Nebel von Salmiak. Zuletzt musste die schwarzroth aussehende Masse mit einem Glasstab öfter zerdrückt werden, um das Chlorür mit dem Ammoniak völlig in Berührung zu bringen.

Aus der erhaltenen Masse schied sich durch Wasser ein schwarzrothes Pulver ab, welches sich durch sein Verhalten in der Hitze sowie in Cyankaliumlösung als Selen auswies. Die Flüssigkeit enthielt Salmiak und selenige Säure.

Man kann diese Zersetzung durch die Gleichung ausdrücken:

$$6\,SeOCl_2 + 16\,NH_3 = 3\,(SeO_2) + 3\,Se + 4\,N + 12\,NH_4Cl.$$

Da sich freie selenige Säure gebildet hatte, so schien diese nicht wie die schweflige Säure mit Ammoniak eine Verbindung einzugehen. Ein directer Versuch bestätigte dies auch. Beim Erhitzen mit Ammoniak wird Selenigsäureanhydrid zersetzt nämlich nach der Gleichung:

Digitized by Google

$$3\,SeO_2 + 4\,NH_3 = 6\,(H_2O) + 3\,Se + 4\,N.$$

Das Selen zeigt also gegen Stickstoff weit schwächere Verwandtschaft als Schwefel und hat auch weniger Neigung complicirtere Verbindungen zu bilden.

Das Resultat dieser Versuche glaube ich daher, wie folgt, ausdrücken zu können.

1. Die Affinität des Selens zu Chlor ist bei weitem grösser als die zu Sauerstoff.

2. Die Affinitäten des Stickstoffs und Sauerstoffs zu Selen sind kleiner, die des Chlors dagegen grösser, als die Affinitäten dieser Körper zu Schwefel.

Jena, Univ. Laboratorium,
den 14. Februar 1870.

Digitized by Google

Ueber die Einwirkung von Phosphorchlorür auf Selenigsäureanhydrid und Selenylchlorür.

Von

Dr. A. Michaelis.

Da sich das durch die Einwirkung von Phosphorsuperchlorid auf Selenigsäureanhydrid zuerst gebildete Selenylchlorür durch das Phosphoroxychlorid sofort wieder zersetzte (siehe die vorige Abhandlung), so versuchte ich das Selenylchlorür durch Einwirkung von Phosphorchlorür auf Selenigsäureanhydrid darzustellen.

Als ich diese Substanzen zusammenbrachte, färbten sich beide sogleich unter Wärmeentwickelung roth, veränderten sich in der Kälte aber nicht weiter. Ich schloss daher beide Substanzen in ein Glasrohr ein und erhitzte zuerst bis 100°, später bis 110°. Schon bei 100° färbte sich das Selenigsäureanhydrid schwarz, so dass es schien als ob Selen reducirt wäre.

Bei der Destillation der roth aussehenden Flüssigkeit zeigte sich, dass dieselbe über 100° siedete und die letzten Theile nahe an 110° übergingen. Mit Wasser zersetzt, bildete sich aus dieser Flüssigkeit Phosphorsäure. Der Rückstand in der Röhre bestand aus Selen und unveränderter seleniger Säure.

Statt also Selenylchlorür zu bilden, war die selenige Säure unter Bildung von Phosphoroxychlorid reducirt.

Um diese merkwürdige Reaction genau festzustellen, brachte ich beide Substanzen in völliger Reinheit in dem nach der Gleichung:

$$SeO_2 + 2PCl_3 = Se + 2PCl_3O$$

berechneten Verhältniss zusammen.

Als ich zu 5,0 Grm. völlig trockenem, in einer Glasröhre befindlichen Selenigsäureanhydrid 13,0 Grm. ganz reines Phosphorchlorür hinzu destillirte, zeigte sich dieselbe Erscheinung, die ich schon vorher beobachtet: Erwärmung und Röthung beider Substanzen. Die Glasröhre

Digitized by Google

wurde zugeschmolzen und zuerst auf 100°, dann allmählich bis 130° erhitzt. Es bildete sich ausser Selen noch eine weisse Substanz. Um diese zu untersuchen, wurde die Flüssigkeit abgegossen und die letzten Reste derselben durch Erhitzen im Kohlensäurestrom verjagt.

Als dann Wasser in die Röhre gebracht wurde, löste sich die weisse Substanz unter Erwärmung und Zischen auf und in der vom Selen abfiltrirten Flüssigkeit war ausser seleniger Säure noch Phosphorsäure enthalten. Die weisse Substanz war demnach Phosphorsäureanhydrid. Eine Bestimmung derselben als Magnesiumpyrophosphat ergab 0,4751 Grm. Phosphorsäureanhydrid. Ausserdem wurden 0,5 Grm. Selen daraus durch schweflige Säure gefällt.

Das Phosphorsäureanhydrid hat sich durch Einwirkung von Phosphoroxychlorid auf die noch nicht völlig reducirte selenige Säure gebildet. Das gleichzeitig entstandene Selentetrachlorid war dann durch das freie Selen zu Selenchlorür SeCl reducirt worden; dieses färbte die Flüssigkeit roth.

Die von dem Selen abgegossene Flüssigkeit lieferte durch fractionirte Destillation 7,2 Grm. bei 106° und 6,2 Grm. niedriger siedendes Product. Ersteres musste fast nur aus Phosphoroxychlorid bestehen, da 110° der corrg. Siedepunkt dieser Flüssigkeit ist. Ausserdem ging über 110° eine sehr dunkele Flüssigkeit über, während sich im Halse des Gefässes ein festes Sublimat, das sich als Selentetrachlorid erwies, bildete, und Selen zurückblieb. Diese dunkele Flüssigkeit war Selenchlorür (SeCl), welches sich in der Hitze theilweise in Selentetrachlorid und Selen zersetzt. Da das Selen aber sowohl in Chlorselen als auch in Phosphoroxychlorid löslich ist, so rührte die in dem Destillationsgefäss zurückgebliebene Menge desselben nicht blos von der Zersetzung des Selenchlorürs her.

Die Analyse der bei 106° siedenden Flüssigkeit gab folgende Resultate:

0,4647 Grm. Subst. gaben 0,3111 Grm. Chlorsilber = 69,78 Proc. Chlor und 0,3471 Grm. Magnesiumpyrophosphat entsprechend 20,78 Proc. Phosphor.

Die Formel $POCl_3$ verlangt:

	ber.	gef.
Cl	69,38	69,78
P	20,19	20,78

Den gebildeten 0,47 Grm. Phosphorsäureanhydrid entsprechen 0,27 Selen und 1,02 Phosphoroxychlorid. In der Röhre waren 1,9 Grm. Selen, also im Ganzen 2,17 Grm. Selen gefunden. In den angewandten 5,0 Grm. Selenigsäureanhydrid sind 3,3 Grm. Selen enthalten und da 0,5 nicht

Digitized by Google

reducirt waren, so mussten 2,8 reducirt sein. Die Differenz zwischen den gefundenen 2,17 Grm. erklärt sich aus der angegebenen Löslichkeit in der Flüssigkeit.

Diesen 2,8 Grm. Selen entsprechen 10,9 Grm. Phosphoroxychlorid. Gefunden wurden 8,22 Grm., allein die unter 106° siedenden 6,02 Grm. bestanden gewiss zu $^1/_3$ aus Phosphoroxychlorid, so dass auch diese Zahlen, die natürlich nur ungefähr zutreffen können, mit den berechneten genügend übereinstimmen.

Man sieht also aus diesem Versuch, dass das Phosphorchlorür eine grosse Neigung hat Sauerstoff aufzunehmen. Eine directe Sauerstoffaufnahme ist bereits von BRODIE[1]) beim Einleiten von Sauerstoff in siedendes Phosphorchlorür beobachtet. Allein diese Aufnahme geht nach Versuchen, die ich darüber anstellte, nur sehr langsam vor sich. Durch dreitägiges Einleiten von Sauerstoff erhielt ich aus 40,0 Grm. Phosphorchlorür 3,7 Grm. Phosphoroxychlorid. Bei der Einwirkung von Phosphorchlorür auf Selenigsäureanhydrid nimmt aber Phosphorchlorür gebundenen Sauerstoff weg, zeigt sich also wie die schweflige Säure als reducirendes Mittel, und dieses Verhalten ist meines Wissens bis jetzt noch nicht beobachtet.

Noch entschiedener tritt diese Neigung des dreiwerthigen Phosphors in fünfwerthigen überzugehen bei der Einwirkung von Phosphorchlorür auf Selenylchlorür hervor.

Beide Körper dürfen der starken Wärmeentwickelung wegen nur tropfenweis unter Abkühlung zusammengebracht werden. Die Einwirkung beendet sich schon in der Kälte; es scheidet sich viel Selentetrachlorid krystallisirt aus und die Flüssigkeit färbt sich unter gleichzeitiger Bildung von Selenchlorür ($SeCl$) roth. Die Zersetzung geht hier nach folgender Gleichung vor sich:

$$3\,SeOCl_2 + 3\,PCl_3 = SeCl_4 + 2\,SeCl + 3\,PCl_3O.$$

Zugleich dürfte diese Reaction ein Beweis für die Nichtexistenz von $SeCl_2$ sein.

Ich bin damit beschäftigt das Verhalten des Phosphorchlorürs zu einigen anderen Anhydriden und Acichloriden zu untersuchen. Wahrscheinlich wirkt das Phosphorchlorür auf eine ganze Reihe von Substanzen reducirend, indem es unter Sauerstoffaufnahme in Phosphoroxychlorid übergeht.

---

1) WILLIAM ODLING, Beschr. u. theoret. Handbuch der Chem. Deutsch von OPPENHEIM. I. p. 297.

Jena, Univ. Laboratorium,
den 14. Februar 1870.

Digitized by Google

Geschichte des Krebsstammes,

nach embryologischen, anatomischen und palaeontologischen Quellen.[1]

Ein Versuch

von

Dr. Ant. Dohrn.

> **Motto:** Wir nehmen die Benennungen: Naturbeschreibung und Naturgeschichte gemeiniglich in einerlei Sinn. Allein es ist klar, dass die Kenntniss der Naturdinge wie sie jetzt sind, immer noch die Kenntniss von demjenigen wünschen lasse, was sie ehedem gewesen sind, und durch welche Reihe von Veränderungen sie durchgegangen, um an jedem Orte in ihren gegenwärtigen Zustand zu gelangen. Die Naturgeschichte, woran es uns heute noch gänzlich fehlt, würde uns die Veränderung der Erdgestalt, ingleichen die der Erdgeschöpfe (Pflanzen und Thiere), die sie durch natürliche Wanderungen erlitten haben, und ihre daraus entsprungenen Abartungen von dem Urbilde der Stamm-Gattung lehren. Sie würde vermuthlich eine grosse Menge scheinbar verschiedener Arten zu Rassen eben derselben Gattung zurückführen, und das jetzt so weitläufige Schulsystem der Naturbeschreibung in ein physisches System für den Verstand verwandeln.
>
> *Kant, Von den verschiedenen Raçen der Menschen. Anmerk.* 1775.

Soweit man in der genealogischen Forschung von Thatsachen reden kann, ist es Thatsache, dass sämmtliche Crustaceen vom Nauplius abstammen. Einem Experiment ist die Beweisführung für diesen Satz zwar nicht anzuvertrauen, — aus nahe liegenden Gründen. Aber soweit Analogieschlüsse und auf ein letztes, allerdings dogmatisches Princip gegründete Schlussreihen reichen, soweit lässt sich in der That feststellen, dass einstmalen auf der Erde der Nauplius der höchstentwickelte Vertreter desjenigen Organismenkreises war, den wir heute als den der Crustaceen kennen und beschreiben. Das grosse Verdienst, dies Factum ermittelt zu haben, gebührt Fritz Müller, der in seiner Schrift »Für Darwin« ausser vielem anderen fruchtbaren Wirken, auch dies bedeutsame Resultat gefördert hat.

---

1) Die zu dieser Arbeit gehörenden Tafeln können erst mit der Fortsetzung derselben in dem nächsten Hefte der Zeitschrift ausgegeben werden.

Digitized by Google

Mit dieser Feststellung hat die Crustaceenkunde eine neue Richtung einschlagen müssen. Es lag ihr fernerhin nicht mehr ob, die Scheidung der einzelnen Ordnungen möglichst scharf vorzunehmen, sondern im Gegentheil danach zu suchen, die verbindenden Elemente namhaft zu machen und durch kritische Benutzung der Palaeontologie, der vergleichenden Anatomie, hauptsächlich aber der vergleichenden Embryologie dahin zu trachten, die Crustaceen als in ununterbrochener Reihe aus einander hervorgegangene Formen nachzuweisen, deren vermeintliche grosse Verschiedenheiten entweder zu widerlegen oder, wenn sie sich nicht wegstreiten liessen, zu erklären und einen Stammbaum an die Stelle der Linear- oder Kreis-Systematik zu setzen. Was ich von diesen Aufgaben zu lösen versucht habe, mögen die nachfolgenden Blätter erkennen lassen.

1. Der Nauplius.

(Fig. 1—6.)

Zum Ausgangspunkt war der Natürlichen Züchtung eine Anzahl von kleinen Geschöpfen gegeben, die wir heute Nauplius nennen. Dieselben waren sämmtlich, wenn wir nach den uns heute als Larven der verschiedenen Crustaceen aufbewahrten Gestalten urtheilen dürfen, nicht viel länger als breit. Wir besitzen heute noch Formen, die sogar breiter als lang sind, wir kennen fast kreisrunde, kugelige, wir haben ovale, ja wir haben auch lanzettliche. Aber selbst bei diesen übertrifft die Länge die Breite höchstens um das Doppelte oder Dreifache. Der Körper sämmtlicher Nauplius war äusserlich nicht gegliedert, nicht in sich beweglich, da ihn eine verhältnissmässig harte und spröde Körperbedeckung umgab. Zwei bis drei gespaltene Extremitätenpaare sorgten zu gleicher Zeit für seine Fortbewegung und seine Ernährung. Das Medium, in dem die Nauplius lebten, war das Wasser, ihre Fortbewegung somit Schwimmen und Kriechen, — letzteres an Pflanzen, Steinen oder auf dem Meeresgrunde.

Die Gestalt des Nauplius ist natürlich ebensowenig eine ursprüngliche, d. h. eine ohne vorhergegangene phyletische Entwickelung zu betrachtende, wie etwa die des Palinurus oder des Limulus. Es wird aber schwierig sein, auf seine Vorfahren einen Schluss zu machen. »Bei dem äussersten, am weitesten in die nebelgraue Urzeit zurückweichenden Vorposten der Classe, dem Nauplius, angelangt, blickt man sich natürlich um, ob von da aus nicht Wege zu erspähen sind nach anderen naheliegenden Gebieten. Man könnte mit Oscar Schmidt bei der Hinterleibsbildung der Nauplius an die bewegliche Schwanzgabel der

Digitized by Google

Räderthiere erinnern, in denen ja Manche überhaupt nahe Verwandte der Kruster, oder doch der Arthropoden erkennen wollen; man könnte bei den sechs den Mund umstehenden Füssen an einen ursprünglich strahligen Bau denken, u. s. w. Sicheres vermag ich nicht zu sehen.« So weit Fritz Müller, am Schlusse seiner vorher citirten Schrift. Wir sind heute noch nicht weiter gekommen. An die Schwanzgabel der Rotatorien mag man schon denken, aber es wird gewiss Niemand den Nauplius von einem Räderthierchen ableiten wollen, eher liesse sich für beide ein gemeinschaftlicher Ursprung vermitteln. Der strahlige Bau will mir auch nicht recht in den Sinn; eher würde ich die Annahme gelten lassen, welche den Nauplius mit weit zurückliegenden Wurmformen in Zusammenhang bringt. Man könnte unter den Larven der Anneliden einige finden, deren entsprechend erhärtete Körperwand allenfalls das Aussehen eines Nauplius gewinnen könnte, und wir haben Anlass an die Würmer zu denken, wenn wir die Natur der grünen Drüse und der Schalendrüse in Rechnung ziehen. Nach den übereinstimmenden Ansichten von Leydig [1], G. O. Sars [2] und Gegenbaur [3]) wären diese Drüsen als Homologa der Schleifencanäle der Würmer aufzufassen, und ziehe ich in Betracht, was ich selbst über die Natur und Bildung der Schalendrüse der Daphnien [4]) herausgebracht habe, so wird es allerdings immer wahrscheinlicher, dass wir in diesen Gebilden einen deutlichen Hinweis auf die Würmer zu erkennen haben. Nur freilich bin ich noch nicht geneigt grüne Drüse und Schalendrüse ohne Weiteres als Homologa anzusehen. Die eine mündet nach meinen Untersuchungen in die Leibeshöhle, die andere nach unzweifelhaften, häufig bestätigten Mittheilungen vieler Forscher auf einem Antennenfortsatz nach draussen. Es wäre indess möglich, dass im Laufe der Zeit die Verlegung der Drüse stattgefunden, und die Mündung ebenfalls geändert wäre. Betreffs der von Fritz Müller [1] für die Schalendrüse in Anspruch genommenen Drüsen in den Stirnhörnern des Cirripiden-Nauplius (Archizoëa) verweise ich auf die ausführlichere Erörterung, die ich an anderer Stelle gegeben habe [5]).

Wenn sonach wenigstens ein thatsächlicher Anhalt gegeben ist, der uns eine Verbindung des Nauplius mit Würmern wahrscheinlich macht, so ist auf der andern Seite nichts zu sehen, was dieser Verbin-

1) Naturgeschichte der Daphniden. pag. 28.

2) Norges Ferskvands-Krebsdyr. Cladocera Ctenopoda. pag. VI. 17.

3) Grundzüge der vergl. Anatomie. Zweite Auflage. pag. 444.

4) Für Darwin, p. 61.

5) Eine neue Nauplius-Form (Archizoëa gigas) Zeitschr. für wissenschaftl. Zoologie XX, pag. 597 ff.

Digitized by Google

dung etwa unüberwindlich sich entgegenstellte, wenn, was uns die Hypothese jedenfalls erlaubt, auf eine entsprechend niedrig organisirte Wurmform zurückgegangen wird. Wie dem aber auch sei, und wohin der Nauplius nach rückwärts weisen mag, — das Eine steht fest, dass er nach vorwärts auf die ganze Classe der Krebse, als auf seine Nachkommen, einen Anspruch erheben darf.

Denken wir uns nun also ein Meer der Vorzeit bevölkert neben anderen Organismen von einer zahlreichen Menge verschiedener Naupliusformen. Sie werden unter einander in starkem Wettbewerb um Nahrung und Fortpflanzung stehen, somit also auch allerhand Variationen der Gestalt und Organisation erleiden, die der Kampf um das Dasein und die Natürliche Züchtung hervorrufen. Da sie aber kleine und der Angriffswaffen entbehrende Geschöpfe sind, so wird es für sie am nützlichsten sein, die Vertheidung wirksam zu machen, und das kann ihnen am besten gelingen durch Vergrösserung ihrer Schwimmfähigkeit. So entstanden also wahrscheinlich gleichzeitig, auf dasselbe Ziel gerichtet, die Ausstattung der Extremitäten mit Schwimmborsten und die Verlängerung und Verschmälerung des Körpers. Wer mit einem Boot oder einem Schiff umzugehen versteht, weiss wie wesentlich für die geschickte Fortbewegung der langgestreckte, schmale Bau eines solchen Fahrzeugs ist, — physikalische Gesetze geben den Grund ja sehr leicht an. So geht es aber auch den Organismen; jeder Fisch zeigt uns das, wenn er pfeilschnell durch das Wasser schiesst, das ihm mit seinem spitzen Kopfe und schmalen Bau nur geringen Widerstand entgegensetzt. So war auch dem Nauplius eine Streckung seines Körpers neben der Verstärkung der Schwimmgliedmaassen die wichtigste Erhöhung und Verbesserung seiner Organisation im Wettbewerb um die Existenz. In der That finden wir bei der überwiegenden Zahl der uns heute noch erhaltenen Naupliusformen, dass der Leib nach hinten in die Länge gewachsen, ja bei vielen, — sämmtliche Cirripeden-Nauplius z. B. — in mehr oder weniger lange Stachel ausgezogen ist. Diese Verlängerung musste wesentliche Dienste zugleich für die Steuerung des Thierchens leisten, und der Fortbewegung in gerader Linie sowie in sicheren Wendungen gleich nützlich sein. Aber noch ein anderer Vortheil lag darin, dessen Bedeutung so gross ist, dass wir noch andre Bildungen daraus erklären können. Der Stachel diente zugleich zum Schutz gegen den directen Angriff andrer Thiere. Die Nahrung der Nauplius scheint sowohl vegetabilisch als animalisch zu sein. Beides zugleich bot ihnen der Aufenthalt auf dem Meeresgrund, an Klippen und felsigen Ufern, wo sich nur Algen und Meerespflanzen zeigten. Wer am Meere arbeitet und Nauplius in Menge zur Unter-

Digitized by Google

suchung haben will, kann nichts Besseres thun, als ein paar Hände voll Algen und Hydroidpolypen mit nach Hause zu nehmen; er wird darin bei mikroskopischer Durchmusterung eine grosse Zahl der lebhaften kleinen Geschöpfe finden. In den Hydroidpolypen sind aber wahrscheinlich auch sehr gefährliche Feinde der Nauplius zu erkennen mit ihren langen Tentakeln können sie leicht solch kleines Geschöpf packen und in die verdauende Cavität zerren, so dass es um sein Leben geschehen ist. Das wird aber sicherlich sehr erschwert, wenn nicht völlig unmöglich gemacht, durch eine reichliche und spitze Stachelbewaffnung, welche das zarte Gewebe der Polypen bei der leisesten Berührung verletzt und sie zur Freigebung ihrer Beute zwingt. So erklären sich mir die zahlreichen Zacken und Stacheln, welche wir besonders an den Naupliusformen der Cirripeden sehen, die auf der anderen Seite der Schwimmbewegung zum Theil wieder kleinere Hindernisse bereiten können. (Fig. 7.)

Wenn auf der einen Seite aber für diejenigen Nauplius, welche hauptsächlich schwimmend sich fortbewegten, Verlängerung des Körpers und Ausstattung der Extremitäten mit Schwimmhaaren von besonderem Vortheil war, so konnte doch auch eine Fortbildung nach einer anderen Richtung und für eine andere Lebensweise sich ermöglichen. Es konnten durch Erhärtung der Körperwand, durch starke Klauen- und Zangenbildung an den Extremitäten, durch Zuspitzung des die Mundöffnung tragenden Abschnittes Veränderungen herbeigeführt werden, welche den Nauplius mehr befähigten, sich an Pflanzen und Polypen fest zu setzen und als Kletterthiere ihre Nahrung zu suchen. Offenbar hat eine solche Lebensweise die Veränderungen herbeigeführt, welche die Naupliusformen der Pycnogoniden (Fig. 8), uns heut noch erkennen lassen, die vielleicht schon frühzeitig und selbstständig sich von dem Naupliusstamme, welcher sich in die grosse Abtheilung der Krebse fortsetzte, abtrennte und einen kleinen Nebenstamm schuf, der dann die Entwickelungsrichtung einschlug, über welche ich bereits berichtet habe[1].

Es ist ausserdem wohl möglich, dass Versuche stattgefunden haben, Nauplius zu Landbewohnern zu machen, — aber wenn wir nicht in den Tardigraden vielleicht eine letzte Spur einer solchen Ueberwanderung zu erkennen haben, was mir indess nicht wahrscheinlich vorkommt, so scheint kein Versuch der Art erfolgreich ausgefallen zu sein.

---

1) Jenaische Zeitschrift f. Med. u. Naturw. V. p. 138.

Digitized by Google

2. Die Archizoëa.

(Fig. 9.)

Mit diesem Namen möchte ich eine Zwischenstufe zwischen dem Nauplius und der Zoëa benennen. Das Charakteristische dieser Stufe suche ich in der Anlage eines hinteren Körperabschnittes, eines virtuellen Abdomens, oder um die morphologische Bedeutung des zweiten Abschnittes gleich in das Licht zu setzen, eines virtuellen Postabdomens oder Pleon. Die Verbindung dieser Gestalt mit dem Nauplius ist unschwer nachzuweisen. Wir sahen in dem letzteren zur Vergrösserung seiner Schwimmfähigkeit eine Verlängerung des hinteren Körperabschnittes sich bilden. Es blieb aber nicht bei dieser Verlängerung allein, sondern es traten an dem hinteren Körperende noch zwei Borsten oder Anhänge auf, die offenbar dieselbe Function erfüllten. So wurde dann auch bald von der Natürlichen Züchtung diese neue Veränderung ergriffen und fortentwickelt. Wir sehen diesen Vorgang reproducirt in der embryonalen und nachembryonalen Entwickelung mancher Rankenfüsser-Nauplius. Vergleicht man z. B. die Bildung, welche Claparède[1]) von den Nauplius der Lepas anatifera beschreibt, so wird ersichtlich, wie die Verlängerung der ursprünglich einfachen drei Spitzen, deren zwei unten, eine oben am hinteren Körperende lag, ein recht ausführlicher Hergang in der individuellen Entwickelung dieser Thierchen ist. Es heisst dort: »— Im folgenden Stadium (Fig. 21) sind die Larven bereits viel grösser geworden. Ihre Gestalt erscheint hauptsächlich desshalb sehr verändert, weil der Vordertheil verhältnissmässig viel breiter geworden ist. Die Leibesspitze erscheint noch deutlicher dreispitzig als vorhin. . . . Nun tritt die Häutung ein, die Larve verlässt die Eierplatten und schwimmt in veränderter Gestalt (vergl. Fig. 22) daher. Die drei erwähnten kleinen Leibesspitzen haben sich ganz gewaltig ausgebildet. Zwei derselben sitzen noch auf gemeinschaftlicher Basis, die sich aber ungemein ausgezogen hat und sich demnach als ein dünner, an der Spitze gabelartig gespaltener Fortsatz ausnimmt. Es ist dies Krohn's »schwanzförmiger Anhang«, Spence Bate's »abdominal appendage«. Die dritte Spitze ist gleichfalls in die Länge gewachsen und stellt Krohn's »Stachelfortsatz« Spence Bate's »caudal termination« vor.« Von wesentlicher Bedeutung, wie sich später noch ergeben wird, ist ferner die Bildung einer Menge von Zacken und Dornen an den beiden Fortsätzen auf ihrer ganzen

[1]) Beobachtungen über Anatomie und Entwickelungsgeschichte wirbelloser Thiere an der Küste der Normandie angestellt. pag. 98. Tab. XVII. Fig. 15—26.

Digitized by Google

Länge. Wir finden solcherlei Bildungen vielfach bei den Naupliusformen der Cirripedien, wie besonders ein Aufsatz von SPENCE BATE[1] und der Aufsatz von KROHN[2] uns lehren. In letzterem finden wir aber noch eine Mittheilung, die unser Interesse ganz besonders in Anspruch nimmt.

KROHN sagt von den beiden Fortsätzen (l. c. pag. 2): »Der obere Fortsatz hat die Form eines gerade gestreckten, oft sehr langen Stachels, der untere stärkere läuft allmählich verjüngt in ein gabelförmig getheiltes Ende aus, und ist, namentlich in späteren Stadien, einer Beugung und Streckung fähig.« Mit dieser letzten Aeusserung gewinnt der Schwanzanhang einen ganz neuen Charakter. Fügen wir gleich eine zweite, sehr wichtige Eigenthümlichkeit desselben hinzu. DARWIN[3]) theilt uns von der Naupliusform des Scalpellum vulgare Folgendes mit: »Behind the natatory legs on the ventral surface the body is much produced and terminates in a horny fork, which after the first moult becomes much elongated. Anteriorly to this fork, on the ventral surface, there is another fork, and again above this I could distinguish, in Chthamalus stellatus, after the first moult, another fork, or at least a pair of short thick spines. From the structure of the forked abdomen in the known Larvae of the Podophthalmia I presume that this portion of the body is the abdomen of the young Cirripede, but it is not at all plainly articulated. After the first moult, the posterior end of the Carapace, which is always pointed, becomes much elongated and serrated on both sides; reminding one of the structure of the Carapace of the so-called Zoëa, or larva of certain Podophthalmia.« DARWIN berührt mit diesen Worten die Bedeutung, die meiner Meinung nach dieser untere gegabelte Fortsatz des Cirripeden-Nauplius besitzt. Ich halte ihn für die erste Andeutung des späteren Pleon der gesammten höher entwickelten Krebse.

Es ist völlig im Einklang mit den oben entwickelten Principien, nach welchen die Fortbildung des Nauplius wesentlich auf die grössere Schwimmfähigkeit gerichtet gewesen ist, wenn wir sehen, dass der lange Fortsatz allmählich beweglich zu werden anfängt. Sowohl zur Steuerung als zur Rückwärtsbewegung des Körpers muss er so haben beitragen können; es war also ein entschiedener Vortheil im Kampf um die Existenz für seine Inhaber gegeben. Seine Bewaffnung mit Stacheln

1) On the development of the Cirripedia, in Annals of Natural History VIII. Second Series 1851. p. 324.

2) Beobachtungen über die Entwickelung der Cirripeden. Archiv f. Naturg. 1860. pag. 1.

3) A Monograph on the Sub-Class Cirripedia. The Balanidae. pag. 108.

Digitized by Google

erklärt sich gleichfalls aus dem oben erörterten Grunde, einen Schutz gegen die Angriffe von Coelenteraten oder anderer weichgewebiger Angreifer zu bilden. DARWIN betont ausdrücklich, dass keinerlei Gelenk wahrzunehmen wäre; das ist auch ganz natürlich, denn ein Gelenk konnte erst die Folge einer häufig geschehenen Beugung sein. Man könnte an dieser Stelle in gewisser Weise ein zweites Motiv des Segmentbaues der Crustaceen sehen; um so bedeutsamer wäre dann diese Stufe der Entwickelung, die ich darum auch mit einem eignen Namen, Archizoëa, bezeichnet habe.

Wie das Gelenk sich bildete, lässt sich folgendermaassen begreifen. Die Beugung des Fortsatzes gegen die Unterseite des Körpers und seine darauffolgende erneute Streckung konnte nur durch Muskelarbeit zu Stande gebracht werden. Die Muskeln mussten zu dem Behufe von Rücken- und Bauchfläche des Körpers entspringen und in dem Hohlraum des Fortsatzes sich gleichfalls an die Wandungen inseriren. Zogen sie sich zusammen, so musste allmählich in der Mitte zwischen den beiden Insertionspunkten bei sonst gleicher Consistenz der Wandungen der am häufigsten und stärksten gebeugte Theil entstehen, und es musste vornehmlich an dieser Stelle allmählich zu einer weicheren und nachgiebigeren Hautbildung kommen. Im Gegensatz dazu mussten die Insertionspunkte der Muskeln sich immer mehr erhärten, um einen hinreichenden Stützpunkt für die Contraction zu bieten, so dass die gleichzeitige Wirkung der Contraction eine Differenzirung des Hautpanzers war und dadurch ein erster Segmentabschnitt an dem Körper der Archizoëa hergestellt wurde.

Wir sehen in der weiteren Entwickelung der Archizoëa, die wir dann nicht mehr bei den Cirripeden, sondern im Malacostrakenstamme bei Peneus verfolgen können, dass aus der Gabel am Ende des Abdominalfortsatzes zwei breitere Platten geworden sind, die ihre Bedeutung als Steuerruder und Schwimmplatten noch besonders dadurch hervorheben, dass sie mit Schwimmborsten am Rande ausgestattet sind. (Fig. 10.)

Es tritt nun ein neues Moment in dem Fortschritt der Organisation ein. Bisher haben wir nur drei Gliedmaassen-Paare gehabt, deren vorderes einästig, die beiden hinteren zweiästig sind. Wir haben nicht danach gefragt, woher sie gekommen, weil uns das Fragen nicht viel helfen würde: wir wissen nicht woher Nauplius kommt, also sind die Vermuthungen über die Entstehungsart der Extremitäten nur sehr vage. Etwas Anderes ist es mit den nun entstehenden neuen Extremitäten. Wir kennen das Thier an dem sie entstanden sind, kennen auch Mancherlei von seiner Lebensweise, und müssen daraus die Frage beantworten können.

Digitized by Google

Die Schwierigkeit liegt meines Erachtens weniger darin, dass überhaupt neue Gliedmaassen sich bildeten, sondern dass sie sich zu einer Gestalt herausbildeten, die völlig in Uebereinstimmung mit den bereits vorhandenen Gliedmaassen stand. Man kann sich ja sehr leicht vorstellen, dass eben so, wie sich der Abdominalfortsatz des Nauplius zu einem durch Gelenk verbundenen und von eignen Muskeln bewegten Körperabschnitt bildete, ebenso auch andere Stacheln und Ausstülpungen oder Verlängerungen der Körperwandungen zu Gliedmaassen wurden, d. h. zu Fortsätzen des Körpers, welche durch Gelenke verbunden waren und von Muskeln bewegt wurden. Aber warum wurden denn diese Gliedmaassen wiederum zweiästige Schwimmfüsse? Denn dass in der That die nachfolgenden Gliedmaassen als solche zweiästige Schwimmfüsse bestanden haben, und nicht gleich als Kiefer mit ihren charakteristischen Umbildungen aufgetreten sind, das ergiebt ihre embryonale Bildung bei so manchen Embryonen, und ihre Gestalt, die sich noch sehr gut auf die ursprüngliche Schwimmbeingestalt rückführen lässt. Ich will diese Frage hier zu beantworten nicht versuchen. Sie führt in die tiefsten Speculationen über morphologische Verhältnisse, die besser im Grossen angefasst werden, als an einzelnen Punkten. Auf ihre Erörterung denke ich bei einer anderen Veranlassung einzugehen.

Schliesslich ist noch eine Erhöhung der Organisation bereits im Archizoëa-Stadium in der Anlage zu finden, — nämlich die Anfänge der zusammengesetzten Augen. Es ist von vornherein anzunehmen, dass dieselbe auch als einfache Pigmentflecken auftreten, für die nach und nach lichtbrechende und percipirende Apparate sich bilden. Die Häufung derselben bedingt dann den eigentlichen Charakter der »zusammengesetzten« Augen, welche dann allmählich in ihrer feineren Structur ausserordentliche Fortschritte machen mussten, wie wir das ja bei den höheren Krebsen deutlich sehen. Wir finden über das frühzeitige Auftreten dieser Organe zwei Nachrichten, die eine aus der Entwickelungsgeschichte der Lepas anatifera, die andere aus der Entwickelung des Peneus, — also auf das Deutlichste bezeichnend, dass die Anlage in der That schon in so früher Zeit stattgefunden hat.

Claparède berichtet (l. c. pag. 100): »Das unpaare rothe Auge ist mit einer kugeligen Linse versehen. Es sitzt dasselbe zwischen zwei runden körnchenhaltigen Kapseln, die ich am liebsten für Gehörbläschen halten möchte, eine Ansicht, welche um so günstiger aufgenommen werden dürfte, als Gehörorgane bei andern Species schon mehrfach angeführt wurden. . . . . Die Deutung erwähnter Kapseln als Otolithblasen ist mir indessen, — um so mehr als ich Flimmerbewegung darin nie wahrnahm — ein wenig zweifelhaft geworden, namentlich seitdem

Digitized by Google

ich die Gründe gelesen habe, womit SPENCE BATE THOMPSON's Darstellung der Augenentstehung bei den Cirripedienpuppen bekämpft. Letztere besitzen bekanntlich zwei Augen, die nach THOMPSON's Angabe aus der Spaltung des unpaaren Larvenauges hervorgehen sollen. Nun aber bestreitet SPENCE BATE die Richtigkeit dieser Ansicht, weil er bei gewissen Entomostraca (z. B. Chirocephalus diaphanus) die in der Bildung begriffenen paarigen Augen neben dem provisorischen unpaaren Larvenauge gesehen habe, eine Wahrnehmung, die bekanntlich von mehreren andern Forschern bestätigt wurde. Es ist demnach nicht unmöglich, dass die fraglichen Kapseln keine Otolithblasen, sondern die in der Entstehung begriffenen Puppenaugen seien.« Noch ausführlicher bespricht FRITZ MÜLLER die Bildung dieser Organe [1]. Ich führe folgende Stelle an: »Von den neu auftretenden Theilen sind der Zeitfolge nach zuerst die paarigen Augen zu betrachten; denn schon bei den ältesten Nauplius war ihre erste Spur zu erkennen. Sie bilden bald eine ansehnliche, über dem vorderen Theile des Rückenschildes liegende, den Stirnrand überragende, vorn ausgerandete Masse. Nahe ihrer äusseren, hinteren Ecke tritt ein schwarzer Farbfleck auf, von dem aus sich bald strahlige Linien zur Oberfläche des späteren eigentlichen Auges verfolgen lassen; nach vorn und innen davon unterscheidet man den verdickten Sehnerven, hinter dem ein freier, später von einem Muskel durchsetzter Raum bleibt. Die anfangs dicht zusammenstossenden Augen rücken nun rasch aus einander, so dass das unpaare Auge und in ganzer Breite die Ganglien, zwischen denen es liegt, wieder von oben sichtbar werden.« FRITZ MÜLLER setzt dann noch hinzu: »Eigenthümliche Gebilde, die ich nicht zu deuten weiss und die den anderen beobachteten Arten zu fehlen scheinen, sind die beiden halbkugligen durchsichtigen Knöpfchen, die schon bei den ältesten Nauplius am Stirnrande vorspringen. Sie verhalten sich anfangs als zarte, fast kuglige wasserhelle Bläschen, später als winzige mehr derbhäutige und undurchsichtige spitzenförmige Anhänge am Vorderrande der Augenstiele während des ganzen Larvenlebens.« Ich kenne diese letzterwähnten Bildungen nicht; es wäre möglich, dass in ihnen noch ein rudimentäres Auge zu erkennen wäre, das noch vor den Stielaugen bestanden, dann aber allmählich zu Grunde gegangen wäre. Könnte aber auch ein Gehörorgan gewesen sein. Vielleicht klären spätere Untersuchungen das auf.

Jedenfalls bedarf es keines besonderen Hinweises auf die Nützlichkeit der vermehrten Sehorgane für das Leben der Archizoëa. Sinnes-

[1] Die Verwandlung der Garneelen. Archiv f. Naturgeschichte 1863. pag. 13.

Digitized by Google

organe sind unter allen Umständen und für alle Zwecke von grosser Bedeutung; nur über die weitere Fortbildung derselben habe ich noch weitere Auseinandersetzungen zu machen.

3. Die Zoëa.

(Fig. 11—14.)

Gegenüber dem Nauplius und der Archizoëa ist die Zoëa, wie ich sie hier wenigstens auffasse, ein bereits weit entwickeltes Geschöpf. Ihre wesentlichen Attribute sind: deutliche Segmentbildung am Vorderkörper und am Abdominalfortsatz; vermehrte Extremitätenbildung bis zur Zahl von sieben Paaren, wobei die Naupliusgliedmaassen eingerechnet sind; Arbeitstheilung innerhalb dieser sieben Extremitätenpaare; deutlich gestielte zusammengesetzte Augen, und ein den vorderen Körpertheil bedeckender Panzer.

Versuchen wir nun, uns die Vortheile klar zu machen, welche die Zoëa über die Archizoëa gewonnen hatte und wie sie aus dieser hat entstehen können.

Es leuchtet ein, dass die Segmentbildung für die geschicktere Fortbewegung und die Gelenkigkeit des Körpers von grosser Bedeutung ist. Ohne hier auf Erörterung der Frage, ob alle sogenannten Metameren oder Segmente durch Sprossung entstanden seien, einzugehen, lässt sich doch soviel jedenfalls behaupten, dass Segmentation auch durch Bewegungen hervorgerufen werden kann. Ich habe das bereits oben erwähnt, als ich über die Entstehung des ersten Gelenkes im Naupliuskörper sprach. Durch die Vermehrung der Extremitäten wurden natürlich auch die Bewegungen mit vermehrt und so hing von ihnen wieder die Segmentbildung des Körpers ab. Um diese also ihrem vollen Werthe nach zu würdigen, müssen wir erst auf die Vermehrung und die Arbeitstheilung der Extremitäten eingehen.

Wir gehen dabei von der Annahme aus, die sich auf den embryologischen Befund stützt, dass alle auf die drei typischen Naupliusgliedmaassen folgenden einstmals und ehe sie zu andern Diensten verwendet wurden, Schwimmbeine waren und somit auch die Gestalt der Naupliusschwimmbeine besassen.

Die Arbeitstheilung innerhalb der so allmählich auf die Zahl von sieben Paaren gesteigerten Extremitäten bestand darin, die der Perception dienenden Organe auf bestimmte Extremitäten zu isoliren, aus andern reine Fresswerkzeuge zu bilden und die übrig bleibenden nach wie vor zu dem Geschäft der Locomotion, also zum Schwimmen zu ver-

Digitized by Google

wenden. Die Vortheile einer solchen Arbeitstheilung nochmals auseinandersetzen, hiesse Eulen nach Athen tragen. Wir haben nur zu erwägen, welche Veränderungen in der Gestalt der Gliedmaassen durch solche Vertheilung der Function hervorgerufen wurden.

Schon im Nauplius sehen wir das vordere Extremitätenpaar in seiner Gestalt von den beiden folgenden unterschieden. Es ist nicht zweiästig und entbehrt auch eines basalen Stachels oder Anhangs, den die beiden folgenden besitzen. Seine Lage an der Spitze des Körpers befähigt es ausserdem besonders zum Tragen von Sinnesorganen, macht es aber unfähig, dem rückwärts gelegenen Munde zu dienen. Das zweite und dritte Paar der Extremitäten besitzt dagegen an der Innenseite der Basis einen Fortsatz, mit entweder einem oder zwei Haken oder Borsten. Bei der Schwimmbewegung werden nun diese Borsten unter die Mundkappe geschlagen, schieben also Alles, was in ihren Bereich kommt und entsprechend klein ist, in die Nähe der Mundöffnung[1]). Es ist sicher, dass diese Bildung auch noch lange Zeit bestanden hat, als schon hinter den beiden Extremitätenpaaren neue Extremitäten sich bildeten, allmählich aber verlor das zweite Extremitätenpaar den Kau-Anhang, gewann aber statt dessen nervöse Apparate, welche den Wahrnehmungskreis des Thierchens wesentlich zu erhöhen geeignet waren. Was aus dem Fortsatz geworden ist, der lange Zeit die Kauborsten getragen hat, wissen wir nicht: man könnte vermuthen, dass er derselbe ist, auf dem jetzt bei Malacostraken die grüne Drüse und ihre Homologa ausmünden, doch würde sich das schwerlich beweisen lassen. Das dritte Naupliusextremitätenpaar dagegen behielt seine Function als Schwimm- und Kaugliedmaasse noch lange und gab nicht die zweite für die erstere auf, sondern umgedreht: es wurde das hauptsächlich wirksamste Kauwerkzeug, die spätere Mandibel. Die Geschichte dieser Umwandlung ist noch deutlich erhalten in der Embryologie. Wie ich von Asellus[2]) und von Cuma[3]) schilderte, wächst zuerst die Anlage der Mandibel nach oben hinauf, in gleicher Richtung mit den Antennen, erst später bilden sich an der Innenseite am Grunde zwei Vorsprünge aus, die nachher zur eigentlichen Mandibel werden, während die erste aufwärtswachsende Walze der Taster wird. Der Taster war mithin früher da, als die Kautheile, er war das Schwimmbein, während erst

1) Vergl. Claus, Zur Anatomie und Entwickelungsgeschichte der Copepoden. Arch. für Naturg. 1858. pag. 47.

2) Die embryonale Entwickelung des Asellus aquaticus. Zeitschr. für wiss. Zoolog. XVII. pag. 229.

3) Bau und Entwickelung der Cumaceen. Jenaische Zeitschrift für Med. und Naturw. V, pag. 58.

Digitized by Google

später die Kaufunction seiner Basaltheile so mächtig wurde, dass seine Bedeutung als Schwimmorgan dadurch in Schatten gestellt ward. Je weiter und ausschliesslicher aber eine Extremität Mundtheil wird, um so grösser und umfassender werden auch ihre Gestaltsveränderungen sein. Zum Schwimmen sind lange schlanke mit zarten Borsten und Haaren ausgerüstete Gliedmaassen ganz vortrefflich, — aber zum Kauen taugen sie ganz und gar nichts. Dazu bedarf es vor Allem breiter Flächen, um die Nahrung zwischen ihnen theils zu zerschneiden, theils zu zerreiben. Ferner müssen diese Flächen einander zugekehrt an Gliedmaassen befindlich sein, welche mit mächtiger Musculatur ausgerüstet sind, um die entsprechende Kraft für ihr Geschäft entwickeln zu können. Ein Muskel wirkt aber nicht stärker, wenn er verlängert wird, sondern im Gegentheil, wenn sein Querschnitt sich vergrössert. Um eine solche Vergrösserung des Querschnittes zu ermöglichen, mussten die Kaugliedmaassen geräumig im Innern sein, durften also nicht mehr oder minder plattgedrückt sein, wie es gerade vortheilhaft für Schwimmorgane war. All diese Gesichtspunkte mussten berücksichtigt werden, bei der Umschaffung der Mandibeln aus Schwimm- in Kauorgane.

Wer die Mandibeln der Decapoden, etwa eines Homarus oder Palinurus betrachtet, der wird nicht leugnen, dass die Umwandlung eines Schwimmorganes (Fig. 15) in ein Kauorgan (Fig. 16) auf das Vollendetste vor sich gegangen ist, dass dieselben Tendenzen, die anfänglich beim Nauplius und der Zoëa wirksam wurden, bis heute ununterbrochen angedauert haben und mit ganzem Erfolge gekrönt sind. Der Beginn dieses Umwandlungsprocesses war offenbar der, dass der Basaltheil der ganzen Extremität in seinem Wachsthum von der Natürlichen Züchtung sehr begünstigt wurde, dass aus einem geringen Anhang an der Basis der Innenseite allmählich ein breiter Abschnitt wurde, sich durch seine eigne Musculatur zu bewegen begann und unabhängig von der Musculatur der Schwimmäste, die nach wie vor ihr Schwimmgeschäft betrieben, nur den Kaubewegungen diente.

In ähnlicher Weise veränderten sich auch die folgenden Extremitäten, nur ist es bei ihnen niemals zu einer solchen Vollendung gekommen, wie bei den Mandibeln. Es lag das auch wesentlich mit an einer erneuten Anwendung des Princips der Arbeitstheilung. Die Mandibeln wurden durch ihre bedeutende Härte, welche ihr Zermalmungsgeschäft erforderte, gar bald gezwungen, mit mächtiger Insertion sich dem Kopfe anzuschmiegen: die stärksten Muskeln bewegten sie, — aber diese Muskeln waren nicht sehr fein gegliedert und in keinerlei Bündel zu separater Action getheilt. Es kam eben darauf an, an einer Stelle mit Aufgabe aller feineren Beweglichkeit nur grosse

Hebelkraft zu produciren. Damit war aber nur die eine Seite eines vollkommenen Kauapparates geliefert. Die andere, welche im Festhalten und geschickten Ergreifen der Nahrung besteht, war bei der Ausbildung der Mandibeln übergangen. Zwar werden wir in manchen Fällen späterhin sehen, dass mit einem solchen Geschäfte die Schwimmäste des Mandibelpaares beauftragt wurden, dass sich also die Schwimmorgane an der Basis zu Kau- und an den Aesten zu Tast- und Greifwerkzeugen umbildeten, doch aber genügte diese Aushilfe nicht, und der wichtigen Fressfunction ward nach und nach ein Paar der Schwimmwerkzeuge nach dem andern zum Opfer gebracht. Freilich muss man wohl hinzusetzen, dass dadurch die Schwimmfähigkeit der Thiere keine Einbusse erlitt, denn was vorn von Schwimmorganen in den Dienst des Mundes gezogen wurde, ward hinten sofort neu ersetzt, und es ist wohl mehr als wahrscheinlich, dass nur, wenn derart ausreichend die Locomotion versorgt war, die völlige Trennung der Kaufunctionen von den Schwimmthätigkeiten weitere Fortschritte machte. Aber in der That sehen wir, dass auch wiederum bei den allmählich sich zu den Maxillen ausbildenden Schwimmorganen das Längenwachsthum und die Walzengestalt einem Wachsthum in die Breite nachgab und dass statt der langen Schwimmhaare kürzere aber stärkere Borsten und Zähne sich auf dem Innenrande ausbildeten, die allmählich sich ganz nach Innen wandten und mit denen der anderen Seite einen festen Verschluss der Mundöffnung nach hinten ausmachten (Fig. 17). Da sie sich aber leicht und gelenkig bewegen konnten, so war es mit ihnen weniger auf das Zermalmen abgesehen, als vielmehr auf das Packen und Festhalten der Nahrungsstoffe, besonders also der zur Nahrung dienenden lebendigen Thiere, die durch irgend welchen Zufall in die Nähe der Mund-Greiforgane kamen. Die Verkürzung der einzelnen Glieder des früheren Schwimmorganes ging denn auch allmählich so weit, dass sie wie Lappen an einem gemeinsamen Stamme sassen, dass ihre Gliederung völlig verschwand und nur noch an der Zahl der übereinander liegenden Lappen, die alle mit Dornen besetzt wurden und nach der Innenseite vorragten, erkannt werden konnten. Auch dieser phyletische Umwandlungsprocess ist urkundlich in der Ontogenese so manches Krebses hinterlassen, und wurde von mir besonders deutlich an Idothea-Embryonen beobachtet, deren drittes Maxillenpaar (= erstes, — hier einziges Maxillenfusspaar —) während der Embryonal-Entwickelung ganz deutlich aus einer beinförmigen Gestalt in die lappenförmige des Mundwerkzeuges übergeführt wird. So wurde wiederum aus dem inneren Aste, wie auch bei der Mandibel der Kautheil, aus dem äusseren der Tastertheil.

Digitized by Google

In Folge dieser veränderten Functionen ward auch noch eine andere Ungleichheit nothwendig für die bisher gleichartigen Schwimmorgane. So lange sie Locomotionsorgane blieben, war es zweckdienlich, wenn sie in gleichmässigem Abstande von einander am Leibe eingelenkt waren; sie hatten alle gleiche Arbeit zu verrichten, ihre Musculatur brauchte dieselben Räumlichkeiten und Insertionsstätten, das »Homonome« in der Anlage konnte mehr gewahrt werden. Dieselben Gliedmaassen als Kauwerkzeuge mussten aber nicht nur ihre äussere Gestalt verändern, sondern sie mussten auch ihre relative Lage zum Körper, resp. den Körper selber verändern. Sollten sie in den Dienst des Mundes treten, so konnte sich der Mund nicht soweit vergrössern, dass sie noch an derselben Stelle mit ihrer Insertion hätten bleiben können, wo sie als Schwimmbeine waren; vielmehr mussten sie den Mund zu erreichen suchen. Da sie aber als Mundtheile ihre Längsaxe verkürzen mussten, um wirksam zu sein, durften sie eben auch nicht in der alten Länge verharren, — so blieb also nur die eine Auskunft übrig: der Zwischenraum zwischen dem Mund und ihren Insertionsstellen musste verkürzt werden. In der That sehen wir auch fast überall in der ontogenetischen Entwickelung diesen langsamen, phyletischen Annäherungsprocess zwischen Mund und Mundtheilen reproducirt in den Zusammenziehungen der Keimwülste[1], in der Verschiebung der Mundöffnung nach rückwärts, so dass sie, anfänglich zwischen den zweiten Antennen gelegen, später zwischen, ja selbst hinter den Mandibeln liegt[2], und in dem Vor- und Zusammenrücken der Insertionspunkte der einzelnen Mundtheile[3], die sich natürlich allmählich übereinander schoben, um alle die Mundöffnung erreichen zu können.

In den Zeiträumen also, die zwischen Archizoëa und Zoëa lagen, schufen sich vor Allem die Mandibeln, und ein Maxillenpaar so um. Es wäre zweifelhaft, ob wir das zweite Maxillenpaar auch schon in diesen Zeiträumen uns entstanden zu denken haben, wenn die Beobachtung Fritz Müller's richtig wäre, der zufolge die zweite Maxille der jungen Stomatopoden sich als zweiästiges Schwimmbein anlegt[4]. Nach meinen Untersuchungen hat Fritz Müller sich aber geirrt und den ersten Maxillarfuss für die zweite Maxille genommen; letztere bildet sich als einfache ungespaltene Extremität. Wir finden aber bei Copepoden noch bedeutende Ueberbleibsel der Schwimmorganisation an

1) Vergl. Dohrn, embryon. Entw. d. Asellus l. c. pag. 236.

2) Vergl. Bau und Entwickelung der Cumaceen.

3) Vergl. besonders die Verhältnisse bei Tanais.

4) Vergl. Fritz Müller, Bruchstück aus der Entwickelungsgeschichte der Maulfüsser. Arch. f. Naturg. 1863.

Digitized by Google

den Mundtheilen, sogar einen deutlichen zweiästigen, als Schwimmorgan fungirenden Taster an den Mandibeln. Es fragt sich aber, ob letzteres nicht eine wiederhergestellte Bildung ist, die ursprünglich zwar im Nauplius- und Archizoëa-Stadium bestanden hat, später zu Grunde ging, aber wieder von Neuem durch besondere Verhältnisse hervorgerufen worden ist. Wir werden darüber noch weiter zu sprechen haben.

Die Gestalt der Schwimmbeine hatte natürlich keine wesentliche Umbildung zu erfahren, da die Thätigkeit dieselbe blieb. Sie mussten natürlich um so stärker werden, je schwerer die Körperlast war, die sie fortzubewegen hatten, und da durch das allgemeine Wachsthum aller Theile diese Last sich vermehrte, so mussten auch sie stärker werden. Die grösseren und stärkeren Gliedmaassen verlangten dann wieder eine grössere und stärkere Musculatur, letztere härtere und breitere Insertionsflächen, — so war also ein fortdauerndes Verändern sämmtlicher Organe und Organsysteme das Normale.

Dass aber bei der gesteigerten Schwimmthätigkeit auch die Steuerthätigkeit der Archizoëa zunehmen musste, ist natürlich. So sehen wir auch allmählich an Stelle des einfachen gabligen Endes des Abdominalfortsatzes die beiden Zacken sich in eine Platte verwandeln, die durch ihre Ausdehnung wesentlich zur Geschicklichkeit des Schwimmens beitragen musste. Gleich im Anfange dieser Darstellung sahen wir aber, dass ein Längenwachsthum dem ganzen Körper zu Gute kommen musste, und dass die Entwickelung des Abdominalfortsatzes wesentlich durch diesen Grund hervorgerufen und begünstigt war. Es kann uns daher nicht erstaunen, dass auch in dieser Richtung die Zoëa einen wesentlichen Fortschritt gegen die Archizoëa aufweist. Derselbe wird aber noch bedeutend erhöht durch die leichtere Beweglichkeit des ganzen Fortsatzes, welchen eine complicirtere und mehrfach gegliederte Musculatur hervorgebracht hat. Da die Feinheit und Mannichfaltigkeit der Bewegungen von der isolirbaren Thätigkeit der einzelnen Muskelbündel abhängt, so war der Natürlichen Züchtung die Aufgabe gestellt, aus den ursprünglichen einfachen Muskelsträngen durch Scheidung und Spaltung allmählich viele kleinere Gruppen zu schaffen. Indem anfänglich Verstärkungsbündel auftreten mochten, die nach und nach immer vollständiger wurden, und schliesslich ihre eigne Innervation hatten und damit autonom wurden, gelang es auch, eine solche complicirtere Musculatur zu schaffen; die Musculatur im Innenraum fand aber ihren Ausdruck an der äusseren Körperwandung durch ihre Insertionsstellen. Diese mussten allmählich erhärten, und da, wenn irgendwo, in der Musculatur Symmetrie und Gleichgewicht herrschen muss, so kam es

Digitized by Google

bald zu ganz gleichmässig abwechselnden Verdickungen und Verdünnungen der Wandung des Abdominalfortsatzes und damit zu neuen Segmentbildungen. Mit diesen Segmentbildungen des Abdominalfortsatzes war einer der typischen Theile des Crustaceenleibes geschaffen oder entwickelt: das Postabdomen oder Pleon.

Wie an diesem hinteren Theile des Zoëakörpers finden wir aber auch an dem vorderen Segmentbildung. Dort müssen wir es aber nicht allein der auch allmählich feiner und differenzirter ausgebildeten Rumpfmusculatur zuschreiben, sondern wesentlich der Musculatur der Extremitäten, welche, wie schon vorher bemerkt, in ziemlich gleichmässigen Intervallen an dem Körper eingelenkt sich fanden. Auch zwischen den Insertionsflächen ihrer Musculatur blieben dünnere Bezirke in der Körperwand bestehen, — sie wurden die Gelenkhaut der Segmente.

Wenn wir dennoch eine Ungleichartigkeit in der Segmentbildung des Zoëakörpers gewahren, wenn wir die Segmente des Vorderkörpers kürzer und von geringerer Beweglichkeit finden als die des Pleon, wenn wir sogar auf einen völligen Mangel directer, frei an einander beweglicher Segmente am Kopftheil der Zoëa stossen, so müssen wir diesen Unterschied einmal auf die Steuerfunction des Pleon schieben, das in Folge davon beweglicher sein musste, dann aber haben wir vor Allem eine Bildung dafür verantwortlich zu machen, welche uns ein grosses Interesse einzuflössen geeignet ist: die Bildung des Zoëaschildes oder Zoëapanzers.

Um dieses Organ recht zu verstehen, müssen wir auf die innere Organisation der Zoëa und zurückgreifend auch auf die des Nauplius eingehen.

Ausser einer Musculatur, einem Darm, und den ersten Spuren eines oberen Schlundganglions treffen wir im Nauplius auf keinerlei geformte Organsysteme. Weder besteht eine Vorrichtung für die Respiration noch für die Circulation. Die Körperwandung des kleinen Geschöpfes setzt aber dem Verkehr der Leibesflüssigkeit und des aussen umgebenden Wassers kein Hinderniss behufs Austauschen von Gasen entgegen, — so lange die Wandung ein gewisses Maass von Dicke und Ablagerung krystallisirter Substanzen nicht überschritt. Eignen Gefässen und contractilen Platten zur Bewegung der Leibesflüssigkeit konnte aber so lange entsagt werden, als die Bewegungen des Darmcanals ausreichend waren diese Flüssigkeit hin und her zu schieben.

Das musste sich aber in demselben Augenblicke ändern, in dem härtere Wandungen auftraten. Wir haben nun gesehen, dass die Vermehrung der Gliedmaassen eine Vergrösserung der Musculatur, diese

Digitized by Google

eine partielle Erhärtung der Wandung zur Folge hatte: so war damit also auch das Signal zur Bildung localisirterer Athmung gegeben, die an den erhärteten Stellen nicht mehr stattfinden konnte; und um das Blut in Berührung mit diesen localisirten Athmungsflächen zu bringen, musste ein blutbewegender Apparat geschaffen werden, musste ein Herz entwickelt werden.

Wann in der Entwickelungsreihe der Crustaceen dieses Organ zuerst aufgetreten ist, wird sich schwerlich mehr feststellen lassen; es scheint aber nicht unwahrscheinlich, dass es dem Nauplius gefehlt habe, nicht bereits seinen eignen Vorfahren zugekommen sei; dagegen sprechen unter Anderm auch vornehmlich die Pycnogoniden. Die Gründe, welche bei so kleinen Geschöpfen ein Herz entbehrlich erscheinen lassen sind vortrefflich auseinandergesetzt von LEUCKART [1]); die Scheidung zwischen Blutflüssigkeit und Parenchymflüssigkeit ist eben noch so gering, dass man überhaupt zweifeln kann, ob es im Nauplius schon zu einer solchen gekommen sei, um so mehr, als er, wie auch jetzt noch als Larvenform der Copepoden, wohl der Blutkörperchen entbehrt hat. Der endosmotische Verkehr der Flüssigkeiten in der Leibeshöhle ersetzt noch vollständig eine weitere und spätere Differenzirung in Blut, Chylus, Lymphe etc., und die lebhaften Muskelbewegungen der Schwimmgliedmaassen sorgten für die Ortsbewegung der Flüssigkeit behufs ihrer Respiration durch die Körperwandung.

Erst mit der Vergrösserung und wesentlich mit der Verlängerung des Körpers traten andere Bedingungen ein. Indem die Ungleichheit der einzelnen Körperabschnitte zunahm, musste auch eine Ungleichheit in der Bewegung der Körperflüssigkeit stattfinden. Es war grössere Gefahr vorhanden, dass einige entlegenere Abschnitte nicht hinreichend ernährt wurden. Da wurden nun wohl zuerst schwingende Membranen geschaffen, welche aus eignem Vermögen, unabhängig von den Contractionen der Darmwandungen, eine Bewegung der ernährenden Flüssigkeit herstellten. Wir haben leider keinen Anhalt mehr, — wenigstens ist er bis jetzt nicht gefunden, oder nicht verstanden worden — zu vermuthen, woher diese Membranen stammten, —vielleicht waren es anfänglich nur discrete Stücke eines Muskels, die einen bestimmten Rhythmus der Contraction annahmen; es wird das schwer festzustellen sein. War aber einmal ein Centralorgan für die Bewegung der Ernährungsflüssigkeit geschaffen, so war damit auch die Möglichkeit gegeben, grössere Partien der Leibeswand für die Insertion der Muskeln

1) Anatomisch-physiologische Uebersicht des Thierreiches von BERGMANN und LEUCKART. pag. 168.

Digitized by Google

erhärten zu lassen und die Respiration auf besonders dünnhäutige Abschnitte zu localisiren. Wir erkennen dabei, wie abhängig der Fortschritt eines Organsystems immer von dem andern ist, und finden DARWIN's Maxime von den Wechselbeziehungen des Wachsthums im grössten Maassstabe überall wieder.

Lassen wir nun also das Herz als einen einfachen musculösen Sack entstanden sein, so wird er durch seine Pump-Actionen im Stande sein das Blut weiter, rascher und wirksamer durch den Körper zu treiben, als die Darmbewegungen oder die zufälligen, wenigstens unregelmässigen Contractionen der Extremitäten-Muskeln. Seine Lage wird am zweckmässigsten da sein, wo es mit gleicher Kraft nach allen Seiten wirken kann. Wir werden aber gleich sehen, welche speciellen Rücksichten auch noch bei der Bestimmung der Lage obwalten.

Ich komme nun zur Frage nach den ersten Anfängen der Panzerbildung. Dieselben fallen zusammen mit der Entstehung der Archizoëa. Als der am Ende des Naupliusleibes entstandene Abdominalfortsatz sich mit einem Gelenk selbstständig gegen den Leib bewegen konnte, war auch der Anfang zum Panzer gegeben. Es ist uns dieser Process gleichfalls noch in der Ontogenese erhalten und zwar in der Entwickelung des Peneus. FRITZ MÜLLER[1]) sagt: »Als erste Andeutung des Rückenschildes zieht sich ziemlich in der Mitte des Körpers (— scilicet des Nauplius) eine Hautfalte quer über den Rücken.« Einer solchen Faltenbildung dankt auch phyletisch betrachtet der Krebsstamm jenes charakteristische Schild. Diese Falte bildete sich allmählich so weit aus, dass sie, — anfänglich eine quere Verbreiterung des Vorderleibes, — allmählich sich an den Seiten herabbog und die eigentliche Seitenwand des Körpers noch einmal von aussen überdeckte. Am Hinterrande ging diese Falte dann bis an den oberen Fortsatz des Archizoëa-Leibes, und so wurde aus diesem der Rückenstachel der Zoëa.

Dass aber diese Panzerbildung so werthvoll, ja fast unentbehrlich für die Organisation der Nauplius-Nachkommen geworden ist, das hat seinen Grund in der hier zuerst auftretenden Localisirung der Athmung. Indem die Falten von keinerlei Muskelbildung in Anspruch genommen wurden, konnten sie eine grosse Zartheit der Wandungen bewahren und sich dadurch ganz besonders für die Athmungsfunction werthvoll erweisen. War aber einmal eine solche Localisation dieser hervorragend wichtigen Function gewonnen, so konnte der Körper eine ganz andere und mannichfaltigere Leistungsfähigkeit gewinnen, die be-

---

1) Die Verwandlung der Garneelen. Arch. f. Naturg. 1863. pag. 10.

Digitized by Google

sonders eine Rückkehr zu den alten Athmungsverhältnissen sehr erschwerte. Alle die mannichfaltigen Gestaltungen, die der Crustaceenstamm in der heutigen Welt aufweist, sind im engern Sinne erst ermöglicht worden durch die Localisirung der Respiration, im weitern Sinne natürlich durch die Gesammtheit der ihnen voraufgehenden Zustände.

Es kam aber noch als Unterstützung für die Beibehaltung des Panzerschildes der Grund hinzu, dass seine Anwesenheit zugleich ein Schutz für die anderen Körpertheile war. Indem er die Basis der Beine und die Mundtheile von der Seite her umschloss, ward es überflüssig für diese Theile, sich selbst durch allerhand Zacken und Dornen zu schützen: das ward für jedes Einzelne im Ganzen von dem Schilde geleistet, der sich demgemäss in allerhand Zacken-, Stachel- und Zahnbildung einliess. So entwickelten sich besonders der bereits erwähnte Rückenstachel, ein gleichfalls sehr langer Stirnstachel und zwei seitliche Stacheln, die für die Zoëa, so zu sagen, typisch wurden. Man könnte Letzteres mit dem Hinweis auf so und so viele Zoëaformen, welche uns in der ontogenetischen Entwickelung der Malacostraken aufbewahrt sind, und keinen Stachel tragen, bezweifeln, und besonders den Rückenstachel nicht als ein altes Ueberbleibsel so uralter Zustände, wie die Archizoëa sie repräsentirt, gelten lassen; allein ich habe durch speciell auf diesen Punkt gerichtete Untersuchungen die Ueberzeugung gewonnen, dass diese Stachel in der That ursprünglich allen Zoëaformen zukamen, und nur allmählich in den verschiedenen ontogenetischen Entwickelungsreihen unterdrückt worden sind [1]).

So war also durch den Panzer eine doppelte und äusserst wichtige Erhöhung der Organisation geliefert. Es ist begreiflich und aus den Principien der Natürlichen Züchtung von vorn herein verständlich, dass nach beiden Seiten hin der Panzer eine Fortenwickelung erfuhr. Fassen wir zuerst seine Bedeutung als Schutzapparat ins Auge.

Je mehr Körpertheile der Panzer umhüllte, um so besser schützte er das Thier. So konnte er sich also nach allen Seiten ausbreiten und um den Körper herumwachsen. Damit wäre nun freilich eine andere nothwendige Function stark beeinträchtigt worden: die Schwimmthätigkeit. Es ergab sich also bei dem Compromiss beider Bestrebungen eine Bildung des Panzers, welche wir noch heute an der eigentlichen Zoëa am besten verwirklicht sehen. Das Ueberhängen des Schildes an den

1) Vergl. meinen Aufsatz: Die Ueberreste des Zoëastadiums in der ontogenetischen Entwickelung verschiedener Crustaceen-Familien. Jenaische Zeitschr. f. Med. u. Naturw. V. pag. 471.

Digitized by

Seiten des Körpers und nach hinten über die Einlenkung des Pleon. Ein solches Ueberhängen vertrug sich vollständig mit einer raschen Ortsbewegung: es liess den Schwimmbeinen des Pleon vollkommene Freiheit und auch die Extremitäten des Vorderleibes waren ungehindert in ihren verschiedenen Thätigkeiten. In der Ruhe ward ausserdem das Pleon unter den Vorderleib geschlagen und genoss so gleichfalls den Schutz des überhängenden Panzers.

War aber einmal ein starker Wettbewerb innerhalb der schwimmenden Naupliogenen vorhanden, so musste nothwendig ein Theil derselben in Gefahr kommen zu Grunde zu gehen. Das wird auch höchst wahrscheinlich in reichem Maasse vorgekommen sein. Aber von dieser zum Untergang bestimmten Zahl der schlechten Schwimmer konnte doch noch mit Erfolg eine andere Laufbahn und infolge davon eine andere Ausbildung ihres Körpers eingeschlagen werden. Es konnte, weil doch im Schwimmen kein Erfolg zu erringen war, mit der Abnahme der Schwimmfähigkeit die Grösse des schützenden Panzers zunehmen: und, statt ihren Feinden durch ihre Geschwindigkeit zu entgehen, konnten diese Krebschen die Panzerhälften zu vollkommen fest schliessenden Schalen ausbilden und sich darin vor Nachstellung und Verfolgung sichern. Gaben sie aber so das Schwimmen auf, so zogen sie sich auch von der Oberfläche des Wassers und aus dem freien Meere zurück und suchten den Grund des Meeres auf, um dort ihre Nahrung zu finden. Dort glichen sie nun in ihren geschlossenen Schalen eher kleinen Steinchen als lebendigen Geschöpfen und konnten so ihren Feinden entgehen. War aber einmal dem grossen Schilde ein wesentlicher Nutzen abgewonnen, so hatte auch die Natürliche Züchtung ein neues Thema zu variiren. Zuerst musste dem Schilde eine grössere Beweglichkeit verliehen werden: statt es in einem zusammenhängenden Stück zu lassen, trachtete sie danach, es in zwei zu theilen, und diese Stücke gegen einander beweglich zu machen. Dass dies positiv geschehen ist, lehrt uns unter Anderem die Embryologie und Metamorphose von Limnetis, lehrt uns die Metamorphose der Cirripedien, bei denen auf das Naupliusstadium ein Stadium folgt, in dem der Körper des Thieres von zwei Schalenhälften eingeschlossen ist. Der Vortheil der beweglichen Schale liegt auf der Hand. Die Ortsbewegung konnte natürlich nicht gänzlich ein Ende nehmen; die Thiere mussten nach wie vor schwimmen und kriechen: indem sie also ihre Schalen aufsperrten, konnten sie kriechen und schwimmen. Da ferner das Schwimmen und die Schwimmfähigkeit nicht mehr die Hauptobacht für das Wirken der Natürlichen Züchtung war, sondern ein vollständiger Schutz durch die Schale, so konnte auch eine wesentliche Veränderung des allgemeinen

Digitized by Google

Baues eintreten, indem sich der Körper verkürzte. Das Postabdomen oder Pleon verlor ja seine wesentlichste Function, war also bei Weitem nicht mehr so wichtig; was ihm übrig blieb an Leistungen, vertrug sich recht gut mit einer verkürzten und gekrümmten Gestalt, die dann ohne Weiteres mit in die verhüllende Schale eingeschlossen wurde. Ebenso mussten sich auch die Beine und die anderen Extremitäten verkürzen, ja selbst die Zahl der Körpersegmente musste abnehmen, um einen möglichst zusammengedrängten Körper herzustellen, der von der Schale umhüllt ward. So erklärt sich die verhältnissmässig sehr kurze und sehr flache Gestalt der Beine aller Phyllopoden; durch die Kürze machten sie es möglich, dass die Schale sie ganz umhüllte, durch die Flachheit, dass trotz des gedrungeneren Segmentbaues doch eine grosse Zahl von Anhängen sich entwickeln konnte. Die Cladoceren und Ostracoden erreichten wirksamen Schutz ihres Körpers, indem sie Segmente und Anhänge verloren, die Gliederung des Pleon fast vollständig einbüssten und die vorderen Extremitäten wieder zum Schwimmen mit benutzten, nachdem sie bei Zoëa schon zum Tragen von Tast- und Sinneswerkzeugen benutzt waren.

Die zweite noch wichtigere Function des Panzers betrifft seine Beziehungen zur Respiration. Im Nauplius respirirt wahrscheinlich die ganze Körperoberfläche. Mit Sicherheit können wir das freilich nicht behaupten, aber wahrscheinlich ist es, weil wir keinen speciellen Sitz der Athmung entdecken können. Die Duplicatur der Körperwand, welche durch die Bildung des Panzerschildes hergestellt wird, giebt nun die vortrefflichste Gelegenheit zur Localisation der Athmung. Die nach beiden Seiten überragenden, vom Wasser umspülten freien Seitentheile des Schildes waren die geeignetsten Stellen, um den Gasaustausch der Blutkörperchen zu vermitteln. Es könnte freilich scheinen, als wenn es für die Thierchen hätte vortheilhafter sein müssen, mittelst der ganzen Körperoberfläche zu respiriren, als dafür einen eignen Organapparat zu construiren. Allein wenn die ganze Hautoberfläche zur Respiration hätte dienen müssen, so wäre es nöthig gewesen, dass sie auch in entsprechender Dünne und Zartheit fortbestanden hätte. Das wäre aber keinenfalls besser gewesen, — der Erfolg lehrt, dass fast alle Crustaceen localisirte Athmungsorgane besitzen, dass also die Ueberlegenheit auf Seiten dieser Organisation gelegen haben muss. Es ist klar, dass, sobald eine Localisation der Athmung hergestellt war, die Körperwandung an allen Stellen, ausgenommen diese eine, so hart werden konnte, als möglich, — die Respiration ging ruhig fort. Das war ein grosser Fortschritt. Dass aber diese Localisation im Panzerschilde stattfand, — das erklärt sich wohl genügend aus der Nachbar-

Digitized by Google

schaft des Herzens, in welches das nun mit Sauerstoff versorgte Blut sofort wieder eintrat und von Neuem in die verschiedenen Körpertheile hineingepumpt wurde. Wir sehen, dass später bei den Macruren und Brachyuren die Nachbarschaft des Herzens bei der Verlegung der Respiration in eigene Kiemenanhänge der Beine festgehalten wird und dass selbst da, wo scheinbar eine völlige Aenderung eintritt, bei den Isopoden, deren Athmungsorgane am Pleon sitzen, doch dies Princip bewahrt wird, denn das Herz verlängert sich zu einem Schlauche, dessen hinteres Ende bis in das Pleon hineinreicht. Diese Thatsachen berühre ich hier nur kurz, um das Princip zu bewahrheiten; ich werde später ausführlich darauf zurückkommen. Ein zweiter Grund, das Panzerschild zur Athmung zu wählen ist ferner der, dass in ihm durch die Faltenbildung eine hinreichend grosse Fläche geboten war, an der der Gasaustausch stattfinden konnte. Denken wir, dass irgend eine andere Körperstelle dazu gewählt worden wäre, so müssten wir doch einen viel grösseren Bezirk der Oberfläche nehmen, um die Fläche zu gewinnen, welche hier durch die Faltenbildung geboten ist; denn sowohl die innere Wand des überhängenden Panzers, als die äussere von ihm bedeckte Körperwand sind zu respiratorischen Flächen entwickelt. Und jede andere, nicht bedeckte Fläche würde den gefährlichsten Berührungen ausgesetzt sein.

So sehen wir also eine der typisch wichtigsten Bildungen des Krusterstammes frühzeitig auftreten und werden sie von da an, mit ganz geringen Ausnahmen, durch alle kommenden Generationen hindurch in immer grösserer Vollkommenheit verfolgen können.

Neben der noch sehr einfachen Circulation und Respiration dürfen wir nicht erwarten, eine complicirte Anordnung der Verdauungsorgane zu finden. Wir wissen zwar durchaus nicht genau, wie diese beschaffen gewesen sein mögen, als Zoëa der höchst entwickelte Repräsentant der Crustaceen war, aber dass sie aus wesentlich mehr bestanden hätten, als aus einem Canale mit zwei seitlichen sackförmigen Ausstülpungen, den sog. Lebern, ist nicht anzunehmen.

Schwieriger ist es, sich eine Vorstellung von den Generationsorganen der Zoëa zu machen. Am wahrscheinlichsten bleibt es aber wohl, anzunehmen, dass Zoëa, wie die Copepoden, die Eiersäcke herumgetragen habe und durch Spermatophoren befruchtet worden sei. Diese Organisation der Geschlechtsorgane finden wir wenigstens bei mehreren morphologisch weit von einander getrennten Krebsfamilien noch heute bestehen und dürfen annehmen, dass sie hier durch Vererbung existiren.

Digitized by Google

4. Die Lücke zwischen Zoëa und den Phyllopoden.

Diese Lücke ist leider sehr bedeutend und die Embryologie lässt uns im Stich bei der Ausfüllung derselben. Wir haben nur durch die Decapoden überhaupt Kenntniss von der Zoëa, — aber der Weg, den die Zoëa in der Weiter-Entwickelung zu Krabben und Macruren nimmt, durch die verschiedenen Megalops, Phyllosoma, Alima-Gestalten ist sicher wesentlich von dem verschieden, welchen sie zu den Phyllopoden genommen hat. Und doch scheint es mir keinen Augenblick zweifelhaft, dass sich die Decapoden, Stomatopoden, Edriophthalmen ebenso gut wie die Cladoceren, Ostracoden, Copepoden und Cirripeden aus Phyllopoden hervorgebildet haben. Die Gründe für diese Annahme sind die folgenden.

1) Die Palaeontologie zeigt uns ein starkes Ueberwiegen der Phyllopoden in den palaeozoischen Formationen. In den ältesten, versteinerungführenden Schichten sind überhaupt keine anderen Crustaceen gefunden worden.

2) Die Phyllopoden existiren nur noch als weit von einander getrennte, an Gattungen und Arten arme Familien, die darauf hindeuten, dass ehemals die Klüfte zwischen ihnen ausgefüllt waren, dass aber die Zwischenglieder zu Grunde gegangen sind. Nebalia, Apus, Limnadia, Branchipus etc. sind unter einander noch verschiedener, als Homarus, Platycarcinus und Cuma, — wären aber diese allein übrig geblieben von allen Podophthalmen, so würden wir auf die ganze Masse von Brachyuren, Macruren, Anomuren, Stomatopoden etc. Schlüsse ziehen müssen. Und man kann nicht bezweifeln, dass heutzutage im Meere die Podophthalmen herrschen, —ebenso wird es also gewesen sein, als noch alle die Mittelglieder lebten, welche jene einzelnen Phyllopoden-Abtheilungen zu einem Ganzen verbanden. Als aber die Phyllopoden herrschten, konnten keine Podophthalmen herrschen, — diese kamen also erst nachher und verdrängten jene aus ihren Stellungen im Naturhaushalt.

3) In der ganzen Organisation verrathen die Phyllopoden eine grössere Ursprünglichkeit im Vergleich zu den übrigen Crustaceen-Abtheilungen. Man kann sich leicht vorstellen, wie aus den Phyllopoden die übrigen Krebse, aber schwer, wie etwa aus Podophthalmen, oder Cirripeden sich Phyllopoden sollten entwickelt haben.

4) Die Lebensweise der Phyllopoden deutet gleichfalls darauf hin, dass sie auf dem Rückzuge sind. Ihr sporadisches Vorkommen und ihre Zurückgezogenheit in kleineren Salzwässern beweisen, dass

Digitized by

sie den activen Wettbewerb mit ihren Concurrenten nicht mehr aushalten können, und im Aussterben begriffen sind.

Man könnte gegen diese Schlüsse einwenden: wir haben doch in den Copepoden z. B. Krebse, welche ihre Abkunft vom Nauplius uns noch ganz unverfälscht darlegen; die Metamorphosen sind ohne Sprung, vom Nauplius geht es ganz allmählich über zum Cyclops, — wozu annehmen, dass in der phyletischen Entwickelung Stadien gewesen, die bis auf die letzte Spur vertilgt sind, die ganz andere Organisationen boten, als heut in ihren Nachkommen zu finden sind, wenn wir uns nur eine strahlige Entwickelung des Nauplius vorzustellen haben, um die heutigen Krebsabtheilungen zu verstehen?

Dagegen wäre zu sagen, dass wir die heutigen Krebsabtheilungen bisher vielleicht nicht recht verstanden haben, dass wir sie aber, wie ich zu zeigen hoffe, besser verstehen werden, wenn wir sie alle ohne Ausnahme aus Phyllopoden hervorgehen lassen. Ferner beweist die continuirliche Umwandlung des Nauplius in den Cyclops nichts gegen dies vorausgesetzte Verschwinden des Phyllopoden-Stadiums in der ontogenetischen Entwickelung; — continuirlich ist jede Entwickelung eines Individuums. Auch ist keine Spur eines Zoëa-Stadiums in der Copepoden-Familie mehr erhalten, — dennoch scheinen mir die parasitischen Formen zu beweisen, dass es nichts destoweniger vorhanden war[1]). Ebenso würden wir vom Nauplius der Malacostraken nichts wissen, wenn nicht Peneus ihn noch entwickelte. Die weiteren Gründe wird die spätere Darstellung zur Genüge beibringen.

Der Fortschritt von der Zoëa zu den Phyllopoden besteht auf der einen Seite wesentlich in der Vergrösserung des Körperbaues. Diese Vergrösserung hätte nun auf zweierlei Weise geschehen können. Wenn die Zoëa alle ihre einzelnen Theile stark hätte zunehmen lassen, wenn also sowohl die einzelnen Segmente, als die Extremitäten ebenso wie der Panzer sich nach allen Richtungen ausgedehnt hätten, so würden auch Geschöpfe entstanden sein, welche als Individuen den kleineren Zoëas zweifellos überlegen gewesen wären und sie im Einzelkampfe zerstört hätten. Und wie die heutigen Zoëagestalten in der Grösse von 1—15 Millimeter noch auftreten, so mögen noch beträchtlichere Unterschiede zu ihrer Blüthezeit vor langen längst verschwundenen geologischen Perioden gehabt haben, aus denen uns keine Spuren mehr aufbewahrt sind. Lebt doch heute neben den kleinen Carcinus,

---

1) Vergl. den oben citirten Aufsatz über die Reste des Zoëastadiums etc. pag. 483.

Digitized by Google

Portunus etc. der riesige Inachus Kaempferi, und der Devon bewahrt uns die Reste von 7 Fuss langen Pterygotus auf. So mögen also auch recht grosse Zoëa existirt haben.

Ihnen aber war der Sieg und die schliessliche Fortentwickelung des Krebsstammes nicht vorbehalten, ebenso wenig wie den Pterygoten oder wie heutzutage dem Inachus Kaempferi. Die Veränderungen im Bau des Körpers zusammen mit einer daraus resultirenden Grössenzunahme bewirkten, was diese letztere allein nicht leisten konnte. In diesen Veränderungen nahm offenbar den ersten Platz ein: die allmähliche Zunahme der Segmente oder Metameren. Wie sie zu Stande gekommen, das kann man nicht erkennen, — ob sie durch innere Sprossungen oder wiederum nur durch Muskelactionen zu Stande gekommen, das ist zweifelhaft. Jedenfalls aber nahm die Zahl der gesondert beweglichen Körperabschnitte beträchtlich zu.

Mit der Zunahme der Segmente und Vergrösserung des Körpers im Allgemeinen musste aber nothwendig auch die Zahl der Extremitäten wachsen. Vor allen Dingen reichten die Schwimmbeine des Mittelleibes nicht mehr aus, das wesentlich verlängerte Pleon mit zu bewegen. Je schwerer dasselbe wurde und je weiter es sich mit einem Endpunkte von den bewegenden Theilen entfernte, um so schwerfälliger und ungeschickter mussten die Bewegungen werden. Das wäre natürlich nicht nur kein Fortschritt, sondern ein Rückschritt gewesen. Wo also Zoëen auftraten mit mehr als den üblichen Extremitäten, da waren sie sicher im Vortheil, sie vermochten rascher zu schwimmen und waren kräftiger als ihre Genossen. So wuchsen also die Segmentzahl und die Extremitätenzahl zusammen.

Uns ist dieser Vorgang vielleicht aufbewahrt worden in der ontogenetischen Entwickelung vieler Krebse, bei denen zuerst die Nauplius-Gliedmaassen hervorsprossen, dann die Zoëa-Extremitäten, und erst viel später die Gliedmaassen des Pleon, ungefähr zu gleicher Zeit mit denen des Pereion, obwohl dies bei den verschiedenen Gattungen und Arten schwankt.

Es ist wiederum nicht festzustellen, ob diese Extremitäten gleich als solche nach irgend welchen uns noch verborgenen Vererbungsgesetzen angelegt werden konnten, oder ob jede einzelne sich langsam aus einem Höcker, einem Schwimmhaar oder irgend welcher zufälligen Ausstülpung entwickelte. Dass sie aber gleichfalls wie die früheren an der Bauchseite, nicht etwa am Rücken entwickelt wurden, das begreift sich, wenn man die mechanischen Bedingungen erwägt, unter denen die Bewegung eines cylinderartigen Körpers mit möglichst ge-

Digitized by Google

ringer Muskelkraft zu Stande kommt [1]). Zugleich mit ihrer Zunahme an Zahl konnten sie aber auch ihre Gestalt noch wesentlich verändern indem sie die Walzengestalt aufgaben und sich abplatteten. Die Gründe welche hierzu führten, wird der nächste Abschnitt entwickeln.

5. Die Phyllopoden.

(Fig. 18—20.)

Obwohl ich nur Weniges über die Lücke bemerkt habe, die zwischen Zoëa und den Phyllopoden zu denken ist, muss man sie doch für sehr beträchtlich halten. Die palaeontologischen Untersuchungen erlauben uns aber nicht, sie zu ergänzen, — und leider ist die Embryologie noch nicht im Stande gewesen, etwas Wesentliches zur Aushilfe beizubringen. Sicherlich werden wir über diese Lücke noch Nachrichten erhalten: es lebt noch ein Krebs, dessen Entwickelungsgeschichte gerade für die Kenntniss dieser Zeit von grösster Bedeutung sein wird: der Limulus. Aber noch besitzen wir seine Embryologie nicht.

Nehmen wir aber als Zielpunkt der Entwickelung des Crustaceen-Stammes für die Zeit vor dem Silur die Phyllopoden-Gestalt, so werden wir dadurch, dass wir diese Gestalt in ihren verschiedenen Veränderungen, Rück- und Fortbildungen an den heut lebenden Phyllopoden untersuchen, einen, wenn auch sehr unvollständigen, Begriff von der morphologischen Bewegung der vorhergehenden Generationen gewinnen können.

Bei den Phyllopoden finden wir vor allen Dingen die eine hervorragend wichtige Function bereits dahin entwickelt, dass wir den Fortschritt, den die weitere Entwickelung aus ihnen heraus nehmen musste, vorher berechnen könnten, läge sie auch nicht vor. Es ist die Respirationsweise.

Wir sahen schon, dass die Faltenbildung beim Nauplius besonders darum conservirt und vervollkommnet ward, weil die Athmung sich sehr bald hier hin wandte, in dem Panzer eine Localisation gewann. Dies ist nun im höchsten Maasse der Fall bei den Phyllopoden.

Blicken wir auf die Athmungsorgane des Apus. Das mächtigste und wichtigste derselben ist der Panzer, — so wichtig zwar, dass der sorgfältigste Monograph des Thieres, Zaddach, denselben überhaupt nur als Kieme betrachtet [2]). Aber wir haben hier sofort eine in der Zwischen-

1) Vergl. Bergmann u. Leuckart, Anat. physiol. Uebers. d. Thierreichs. pag. 396.

2) Zaddach, De Apodis cancriformis anatome et historia évolutionis. pag. 11.

Digitized by Google

seit zwischen Zoëa und den Phyllopoden erworbene Ausbildung zu bemerken. Je umschriebener der Ort für den Gasaustausch des Blutes wird, d. h. je weniger derselbe an allen Stellen der Körperoberfläche stattfinden kann, um so nothwendiger wird es, dafür zu sorgen, dass die Blutkörperchen an der einen Stelle, an der nun dieser Austausch wirklich vor sich geht, hinreichend lange sich verweilen. So sind also alle diejenigen Formen im Vortheil gewesen, welche eine Einrichtung besassen, die den Blutkörperchen diese Verlangsamung ihrer Bewegung in der Kieme ermöglichte. Wir werden diese Einrichtung im weiteren Verlaufe bei allen Crustaceen wieder finden, freilich in verschiedener Durchführung. Das Wesen derselben besteht in der Herstellung eines Gitterwerks zwischen den beiden respirirenden Flächen des Panzers, — oder der anderen Kiemen-Organe, wo solche vorhanden. Dadurch wird der rasche Lauf der Blutmasse aufgehalten, die Blutkörperchen stossen sich hier und da an den Gitterstäben, ihre Bewegung vermindert sich, die Kohlensäure tauscht den Platz mit dem Sauerstoff und am Ende der Reise durch das Gitter, geht die ganze Blutmasse wieder in starker Strömung, durch die Diastole des Herzens herbeigezogen, in das Herz zurück.

Das System der Panzer-Athmung sollte aber noch eine andere Vervollkommnung gewinnen. So lange die Phyllopoden damaliger Zeit hervorragende Schwimmer blieben, befanden sie sich durch ihre Bewegungen immer in einem durchaus frischen, respirablen Medium. Ihr Gasaustausch ging immer gut und ungehindert von Statten, denn ein fortdauernder Strom lief die Seiten des Panzers entlang. Als sie aber anfingen, ihre Existenz zu verändern, als so und so viele auf dem Meeresgrunde und an den Küsten zu leben unternahmen, tauschten sie das Kriechen und Gehen für das Schwimmen ein. Nun fehlte der rasche Strom an den Panzerwänden. Er musste aber nothwendig ersetzt werden. Dazu war leicht Rath geschafft. Die Bewegung der Schwimmfüsse selbst reichte vollständig aus, eine stetige Erneuerung des Wassers unterhalb des Körpers zu bewirken, und da das Panzerschild ja diese Extremitäten selbst zum Theil einschloss, so ward durch ihre Bewegung das Wasser sogar zwischen Schild und Körper erneut.

Der letztere Umstand war von besonderer Wichtigkeit; von ihm aus datirt eine neue, bedeutende Steigerung der Organisationsmannichfaltigkeit im Crustaceenstamme. War dafür gesorgt, dass zwischen Körper und Schale resp. Panzer fortdauernd ein respirables Medium sich befand, d. h. ward dort stets das Wasser erneut, sobald es seinen Gehalt an Sauerstoff eingebüsst hatte, so konnte die Localisation der Athmung weitere Fortschritte machen, und ein weiterer Theil der Kör-

Digitized by Google

peroberfläche ward für andere Leistungen frei. Dieser Theil war die äussere Oberfläche des Panzers. So lange er noch, wenn auch in beschränkter Weise, als Athmungsorgan zu fungiren hatte, durfte eine gewisse Dicke und Consistenz seiner Wandungen nicht überschritten werden: war er aber von diesem Zwange gänzlich befreit, so konnte die Aussenwand so dick und fest werden, wie sie immer wollte, — die Respiration war ungehindert, das Leben des Thieres gesichert, und die Festigkeit und Härte des Panzers machte es fähig, ganz neue Existenzbedingungen aufzusuchen.

So spalten sich hier die Phyllopoden in zwei grosse Zweige: der eine bleibt schwimmend Beherrscher des freien Meeres, der andere sucht das Ufer auf und den Meeresgrund. Beide Zweige waren bestimmt uns eine reiche und sehr veränderte Nachkommenschaft zu entwickeln, die freilich ihren Vorfahren selbst und den ihnen gleich gebliebenen Nachkommen verderblich werden sollte.

Durch die neue Function der Extremitäten ward ihre blattförmige Gestalt von besonderer Wichtigkeit. Nicht nur die Raschheit der Schwimmbewegungen, auch die Ausgiebigkeit der Respiration begünstigten sie. Nun hätte zwar die erstere Function auch fortdauernd mittelst der walzenförmigen Nauplius-Extremitäten und ihren langen Schwimmhaaren versehen werden können, aber da durch das Ueberwachsen des Schildes der Innenraum zwischen Schild und Körper, in dem die Extremitäten behufs der Wassererneuerung bewegt werden sollten, nur begrenzten Spielraum gewährte, so mussten die langen Schwimmhaare schwinden, und nun die Walzenform sich abplatten und in die Blattform übergehen. Lag also auf ihnen eine grosse Verantwortlichkeit, so mussten sie sich auch wesentlich vervollkommnen, und durch ihre Verbesserung die ganze Organisation steigern.

Das Mittel dazu lag wieder sehr nahe. Wenn sie schon einmal ihre Extremitäten zur Beförderung der Athmung in Bewegung setzten, so konnten diese zu gleicher Zeit als Athmungsorgane direct mitwirken. Das Blut, das in ihnen zu ihrer Ernährung cursirte, konnte innerhalb ihrer Wände sich so lange aufhalten, dass ein Gasaustausch bewirkt wurde, und die Wände konnten so zart gemacht werden, dass sie höchst effective Respirationsorgane wurden. Die Zartheit war um so eher herzustellen, als sie ja so wie so durch den überhängenden Panzer geschützt waren.

So wurde der erste Schritt gethan auf dem Wege, die Athmung völlig aus dem Panzer, resp. der Schale zu entfernen, — ein Schritt der wiederum von durchgreifendstem Einfluss auf die Organisation und die äussere Gestaltung der Krebse werden musste. Dadurch nahm vor

Digitized by Google

Allem die Wichtigkeit der Extremitäten sehr bedeutend zu. Anfänglich waren sie nur Schwimmorgane. Dann wurden sie Hilfsorgane für die Athmung, da sie das Wasser erneuerten. Jetzt werden sie schon Athmungsorgane neben dem respirirenden Panzer.

Für ihre äussere Gestaltung war dies sehr folgenreich, denn die anfängliche Vergrösserung und Abgeflachtheit nahm immer mehr zu; die Platten- und Lappenbildung ward sehr complicirt. Der Gewinn würde aber wieder nur halb gewesen sein, wenn die Extremitäten nicht befähigt worden wären, das Princip der Arbeitstheilung auch mit dieser letzten Function durchzuführen. Wären sie alle Athmungsorgane geworden, — womit hätten denn die Phyllopoden kriechen oder gehen sollen? Also war es wieder am zweckmässigsten, wenn ein Theil der Extremitäten, oder auch ein Theil jeder einzelnen Extremität zur Ortsbewegung verwendbar blieb, — und so kam schliesslich die höchst complicirte Gestalt der Extremitäten heraus, die wir an unseren heutigen *Phyllopoden* beobachten, die aber gewiss schon sehr viel älter ist, und wohl mit Recht jenen weit entlegenen Vorfahren zugeschrieben werden kann, deren letzte, ihnen ähnliche Nachkommen noch auf uns gekommen sind.

Das wichtigste Merkmal dieser Extremitätenbildung ist die Theilung in drei functionell mehr oder weniger scharf geschiedene Abschnitte. Der Haupttheil des Beines bleibt Locomotionsorgan. Es ist der innere Ast, dessen nach innen gekehrter Rand mannichfaltig ausgezackt wird, mit Haaren und Dornen besetzt, und an seiner Spitze zum Gehen eingerichtet ist. Auch zum Packen von Nahrung scheint er befähigt. Der zweite Theil ist die breite, schwingende Platte, welche hauptsächlich als Wasser-erneuernder Theil anzusehen ist. Aus ihr musste sich die Hilfskieme herstellen lassen. Der dritte Theil schliesslich, an der obern Seite des Beines befindlich, hatte die Gestalt eines einfachen Sackes, abgeplattet von vorn nach hinten, und er ward auch Kieme, da er ganz besonders zarte Wandungen conservirte, während die äussere Hilfskieme etwas härter blieb, um besser zur Wasserbewegung befähigt zu sein. (Fig. 23—26.)

So war uns die Gestaltung der Extremitäten gegeben, aus der sich die heute vorkommenden mit Leichtigkeit ableiten, auf die sie mit völliger Sicherheit zurückgeführt werden können.

Verfolgen wir nun das Schicksal des Panzers und seiner mit der Ausbildung der Extremitäten Hand in Hand gehenden Veränderungen.

Bei denjenigen *Phyllopoden*, welche auf das Schwimmen angewiesen blieben, konnte er sich nicht zur zweiklappigen Schale entwickeln; er blieb was er war: eine die Körperseiten überdeckende,

Digitized by Google

erhärtete Duplicatur der Wandungen. Nur seine äussere Gestaltung und seine den Körper nach vorn und nach hinten bedeckende Länge konnte als wandelbar angesehen werden. Uns sind keine Spuren aufbewahrt, aus denen wir auf absonderliche Zustände des Panzers zu schliessen hätten. Wahrscheinlich werden die aus der Zoëa überkommenen Stacheln zu allerhand sonderbaren Bildungen Veranlassung gegeben haben; vielleicht aber sind sie mit zunehmender Grösse der Thiere, oder aus Gründen, die wir heut noch nicht einsehen, allmählich geschwunden; denn wie ich annehme, waren sie ursprünglich vorhanden, sind aber heut nur noch als Rudimente in der embryonalen Entwickelung zu erkennen.

Die Nachkommenschaft dieser panzer-beschildeten, schwimmenden Phyllopoden ist ausserordentlich zahlreich geworden. Die ganzen, mächtigen Familien der Podophthalmen und Edriophthalmen haben wir dazu zu rechnen. Ihre Herleitung aus den Phyllopoden werden wir nachher vornehmen. Nur ein Meeres-Phyllopode ist aus diesem ganzen Heere übrig geblieben, der noch Zeugniss ablegt von der Richtigkeit dieser Herleitung der Malacostraka aus den Phyllopoden: es ist Nebalia, die ebenfalls nachher zur Besprechung kommen wird. Wenden wir uns jetzt zu den Schalträgern.

Sie waren ehemals sehr zahlreich im Meere, wie uns die palaeontologischen Funde lehren, — heut sind sie es nicht mehr. Die eigentlichen, schaltragenden Phyllopoden kommen gar nicht mehr im Meere vor, — sie sind ganz daraus verdrängt und leben theils in Landseen, theils in Regenpfützen, Sümpfen etc. Von ihren veränderten Nachkommen haben wir aber noch im Meere drei grosse Classen zu nennen: Ostracoden, Cirripeden und Copepoden. Sie halten den schwimmenden Malacostraken reichlich die Wage, und überblickt man eine Felsenreihe am Meere bei der Ebbe, so geben die unzählbaren Massen der Balaniden hinreichende Sicherheit, dass auch die Schalträger im Meere beharren werden.

Die Schale war ein Schutzapparat. Als solcher überwog sie den einfachen Panzer; aber sie beeinträchtigte die Schnelligkeit der Schwimmbewegungen, darum werden wir erwarten dürfen, dass aus den Schalträgern viel langsame theils kriechende, theils in kleinen Gewässern herumschwimmende Krebse entstehen. Wo die Mitbewerbung rascher Schwimmer von vornherein ausgeschlossen war, da hatten die Schalträger natürlich die beste Gelegenheit, sich auszubreiten.

Wir haben schon oben gesehen, dass die Ausbildung der den Körper einschliessenden Schale auch auf die Gestaltung des Körpers selbst von Einfluss sein musste. Sechszig Segmente, und sechszig Extre-

Digitized by Google

mitäten-Paare, wie wir sie bei Apus finden, durften natürlich nicht mehr vorkommen, — die Vortheile der Schalbildung wären sonst illusorisch geworden. Der Bau des Körpers ward vielmehr in Folge des geringen Schwimmens immer kugeliger, während er bei den Schwimmern cylindrisch blieb. Für ein unruhiges Hin- und Her-Schwimmen, das mehr ein Suspendirtsein, als eine anhaltende Vorwärtsbewegung bezweckte, war ein mehr ovaler, selbst kugliger Bau durchaus nicht nachtheilig, für das Kriechen war die Verkürzung des Körpers sogar unzweifelhaft vortheilhafter, — so finden wir also auch bei vielen Schalträgern die deutlichen Spuren einer stattgehabten Verkürzung, — mithin die Anzeichen, dass sie von Vorfahren abstammen, deren Körper länger gewesen ist, — was wiederum darauf deutet, dass diese eine andere Lebensweise führten etc. etc.

Unter den heute lebenden Phyllopoden sind als Schalträger zu nennen: Limnadia, Estheria, Limnetis und Limnadella. An ihnen sehen wir, dass ein Bemühen stattgefunden hat, die Zahl der Segmente zu beschränken, denn über einige Zwanzig bringt es keine derselben. Sehr charakteristisch ist ausserdem, dass derjenige Abschnitt des Körpers, welcher den Schwimmern in mancherlei Betrachte sehr nützlich sein musste, das Pleon oder Postabdomen, bei diesen Schalträgern fast gänzlich geschwunden ist, und dass die Tendenz sich geltend macht, ihn immer mehr einzuschränken.

Bei all den Bestrebungen, das Schwimmvermögen der Beine zu Gunsten einer den langen Körper umschliessenden Schale einzuschränken, musste es aber doch vortheilhaft bleiben, wenn sich eine Einrichtung herstellen liess, die vollkommen schliessende Schale zu vereinigen mit irgend einem wirksamen Schwimmorgane. Von Anbeginn der Nauplius-Zeit her waren die beiden vordersten, speciell das zweite Extremitäten-Paar mit der Schwimmfunction betraut, sie blieben auch weiterhin hilfreiche Schwimmwerkzeuge, wennschon in der Zoëa sich noch wichtigere entwickeln. Dadurch aber, dass diese neuen Schwimmorgane der Zoëa bei den Phyllopoden als Athmungsorgane von Wichtigkeit werden und die Schwimmfunction wieder einigermaassen zurücktritt, gewinnen auch wieder die ursprünglichen ersten Schwimmorgane, namentlich das zweite Extremitätenpaar, grössere Wichtigkeit, und wir dürfen uns nicht erstaunen, dasselbe allmählich wieder ganz und gar, und noch um vieles intensiver in die alte Beschäftigung wieder zurückkehren zu sehen, von der es ursprünglich ausgegangen war. Die Grösse dieses Antennenpaares war nur beschränkt durch die Grösse der Schale, in welche es aufgenommen werden musste, sobald das Thier nicht schwimmen, sondern zu Boden sinken wollte. Wir werden sehen,

Digitized by Google

dass dieser Organisation zwei artenreiche Krebsfamilien ihre Existenz im Wesentlichen verdanken.

Die einfache Schalenbildung war aber keinesfalls das letzte Ende aller Schutz- und Sicherheitsmaassregeln der damit ausgerüsteten Krebschen: wichtig war ferner die besondere Zurichtung derselben.

Wir werden hier zum ersten Male auf Vorgänge aufmerksam, die sich bisher in der Krebsentwickelung nicht gezeigt, die wir vielleicht nur übersehen haben. Mit den Phyllopoden zu gleicher Zeit lebten allerhand Mollusken und besonders auch Bivalven. Diese waren den Phyllopoden betreffs der schützenden Schale darin weit überlegen, dass ihre Schale hart und stark war, und wohl den directen Angriff irgend eines grösseren Thieres vertragen konnte. Weiss doch Jeder, der eine Zeit am Meere zugebracht hat, dass die Muscheln bei der geringsten Berührung die Schalen zuklappen, — im Vertrauen, nun völlig geschützt zu sein. Griff aber irgend ein grösserer Meeresbewohner die Phyllopoden, selbst bei zugeklappter Schale an, so waren sie verloren: ihre Schale war zu weich und zu dünn. Dickere, kalkige Schalen durften sie aber nicht tragen, wollten sie des Schwimmens nicht vollständig verlustig gehen, — so blieb aber doch ein Ausweg übrig, den gefährlichen Griffen der Feinde zu entgehen: das Aussehen der Muschelschalen nachzuahmen und durch dasselbe die nachstellenden Feinde zu täuschen. Dieser Weg war entschieden vortheilhaft und zwar in dem Maasse, dass er noch heutzutage die Zoologen irre führt, die von den meisten, versteinert gefundenen Phyllopoden-Schalen geglaubt haben sie hätten es mit Muschelschalen zu thun. (Fig. 34.)

Kommt nun noch dazu, dass die Schalen, meist eine bräunlichgrüne Färbung annahmen, wodurch sie sich fast ununterscheidbar vom Meeresgrunde, oder wo immer sie sich aufhalten mochten, wurden, so begreift man, dass sie eine lange Zeit die Herrschaft auf dem Meeresgrunde und an den Ufern zu führen im Stande sein mussten, und die grosse Masse versteinerter Phyllopodenschalen wird erklärlich. Dass sie schliesslich dennoch aus dem Meere verdrängt wurden, — bis auf die Ostracoden, die wir gleich besprechen werden — so kommt es daher, dass sich aus der Nachkommenschaft der schwimmenden Phyllopoden allmählich Formen entwickeln, die ihrerseits wieder das Schwimmen aufgaben und den Aufenthalt am Ufer und auf dem Grunde des Meeres vorzogen. Diese waren oder wurden kräftiger als die Schalträger — der Kampf begann und endigte mit einer Niederlage der Phyllopoden, die aus dem Meere schieden und sich in Salzgewässer des Binnenlandes und in das süsse Wasser zurückzogen. Di[e]

Digitized by Google

Feinde, denen die Phyllopoden so unterlagen, sind wohl hauptsächlich die Amphipoden und Isopoden. Von ihnen später.

Haben wir bisher nur diejenigen Phyllopoden ins Auge gefasst, welche entweder aus ihrem Panzerschilde ein wichtiges Athmungsorgan oder einen unentbehrlichen Schutzapparat gebildet hatten, so kommt es uns jetzt zu, diejenigen Formen zu erwähnen und zu besprechen, welche weder das Eine noch das Andere besitzen, die überhaupt gar kein Schild haben. Von heute lebenden Formen gehören zu ihnen Branchipus, Artemia und Eulimene. Es versteht sich von selbst, dass die Athmung bei diesen Formen in anderen Organen vorgenommen wird; da sind es vorzüglich die Beine, welche als alleinige Respirationsorgane fungiren. Bei denselben Thieren findet man aber noch eine andere bedeutende Abweichung von dem bisher geschilderten Bau der Phyllopoden. Die zweiten Antennen sind nämlich hier zu einer ganz neuen Function ausgebildet: zu einem Greiforgan nämlich. Dadurch geben sie natürlich als locomotorisches Organ dem Haushalt des Thieres verloren, und es bleiben nur die Extremitäten des Mittelleibes übrig. Diese waren aber bei keiner Phyllopode bisher ausreichend erfunden, — es war überall noch ein besonderes Schwimmorgan daneben, — beim Apus das rankenförmige erste Fusspaar (Fig. 27), bei den Schalträgern die zweiten Antennen. Hätte nun Branchipus und seinesgleichen ohne diese speciellen Schwimmorgane dennoch seine Existenz bei ganz ähnlicher Lebensweise wie Apus sichern können, so würde man vergeblich einen zureichenden Grund für die Umbildung des ersten Fusspaares bei dem letzteren in eine rankentragende Extremität suchen. Allein Branchipus war ebenfalls gezwungen ein besonderes Schwimmorgan zu entwickeln, — und als solches ward das Pleon und die am letzten Segment befindlichen Anhänge in Anspruch genommen. Dies Pleon hat sicherlich bei allen bisher geschilderten Krebsformen, — am wenigsten freilich bei den Schalträgern — einen wesentlichen Theil des Schwimmapparates mit ausgemacht, aber es ist doch bisher noch nicht als hauptsächlichstes Bewegungsorgan aufgetreten. Das ist es aber bei Branchipus und seinen Verwandten. Durch die schlangenförmigen, seitlichen Bewegungen desselben, ferner durch die stark vergrösserten Anhänge und ihre Wirksamkeit wird das Thier wie ein Fisch vorwärts bewegt, und der vom würdigen Jacob Christian Schäffer gegebene Name »fischförmige Kiefenfuss« passt vortrefflich schon wegen der den Fischen analogen Locomotionsweise des Thieres. Bei den Schalträgern sahen wir die Bedeutung des Pleon auf ein sehr geringes Maass herabsinken und daher seine Grösse auch zusehend sich verringern, bis beinahe auf ein völliges

Digitized by Google

Verschwinden. Bei Branchipus dagegen, wo es Haupt-Schwimmorgan wird, nimmt es in demselben Grade wieder an Länge und Bedeutung zu, so dass es eben so lang wird, wie der ganze übrige Körper

Werfen wir einen Blick über die bisher erwähnten Formen de Phyllopoden, so kann es uns nicht entgehen, dass sie nur als letzt Ausläufer einer ehedem mächtigen und formreichen Krebs-Ordnun anzusehen sind. Es fehlen uns vollständig die Mittelglieder zwische den Schalträgern und dem Branchipus, zwischen Apus un Nebalia. Jede einzelne Gattung, oder wenigstens jede dieser vie Familien — deren eine ja nur in einer einzigen Gattung und Art besteht — ist von der anderen sicherlich ebenso verschieden, wie di Ostracoden von den Daphnien, die Cumaceen von den Isopoden und diese wiederum von den Amphipoden. Und doch welche Massen von Formen besitzen diese letztgenannten Abtheilungen, un wie viele sind unter ihnen, welche Verbindungen herstellen und zeigen, wie aus der einen Abtheilung allmählich die andere sich ableiten lässt. Nichts derart existirt mehr bei den Phyllopoden, sie stehen unvermittelt neben einander. Die Bindeglieder, welche uns zeigen könnten, wie aus den Schwimm-Antennen der einen die Greifzangen der anderen wurden, wie das Panzerschild zur Schale ward, wie die Segmente des Pleon allmählich bei den Schalträgern verloren gingen — sie liegen im Schichtengebäude der Erde begraben — vielleicht sind schon viele, vielleicht die Mehrzahl von ihnen durch die Metamorphose der Gesteine unserer Kenntniss für immer entzogen. Von welcher ausserordentlichen Bedeutung die Phyllopoden aber für das Meeresleben der Urzeiten gewesen, das lehren uns die versteinerten Reste der Primärformationen, lehrt uns das Cambrische, das Silurische und das Devonische Schichtengebäude. Dort nämlich treffen wir auf die heut vollständig erloschene, an Zahl und Formen gleich hervorragende Ordnung der Trilobiten, die man nur mit den Phyllopoden und aus den Phyllopoden verstehen zu können meint, von denen uns keinerlei Embryogenie mehr anzeigt, wie und wo wir ihre Vorfahren zu suchen und ihren Stammbaum festzustellen haben.

Es begreift sich leicht, dass wir über die Organisation der Trilobiten nur Vermuthungen äussern dürfen, — etwa so, wie wir uns fehlende Mittelglieder zwischen vorhandenen Endpunkten einer Entwickelungsreihe aus den Indicationen dieser beiden Endpunkte und den theoretischen Postulaten mit Beihilfe der Phantasie zu ergänzen haben. Dabei begünstigt uns aber noch wesentlich der Anblick der äusseren Körpergestalt im Grossen und Ganzen. Von den inneren Organen dagegen, von den Extremitäten sogar und von der Beschaffenheit der

Digitized by Google

Körperwandungen haben wir gar keine Kenntniss, — hier bleibt Alles zu ergänzen. Dies ist schon mehrfach versucht worden, — über den Erfolg lässt sich eben kein Urtheil abgeben, weil bisher kein Trilobit entdeckt ist, aus dem mehr zu lernen wäre, wie aus den früher bekannten. Versuchen wir unsererseits gleichfalls eine Ergänzung. (Fig. 28—31.)

Der äussere Körperbau lehrt uns vor Allem, dass wir keine Schwimmer in den Trilobiten zu suchen haben. Ihre Körperform ist breit und platt, sehr häufig sind sie vorn am Kopf am breitesten, also gewiss untauglich zu einer raschen Fortbewegung. Wir haben bisher gesehen, dass mit Einschränkung der Schwimmfähigkeit auch das Pleon an Längenausdehnung abnahm, — bei den Trilobiten gewahren wir das Pleon entweder als ein mächtiges, schweres Analschild, sog. Pygidium, das aus zahlreichen, mit einander verschmolzenen Segmenten besteht, oder wir finden eine Reihe ganz schmaler, allmählich immer kleiner werdender Ringe die es bilden, welche aber nicht im Geringsten von den vorhergehenden Segmenten des Mittelkörpers abweichen. So ist also anzunehmen, dass die Trilobiten hauptsächlich auf dem Grunde des Meeres lebten. Dazu bedurften sie aber Extremitäten, mittelst deren sie kriechen konnten. Diese Extremitäten durften aber nicht zu weich und nachgiebig sein, denn sicherlich waren die Trilobiten ziemlich schwere Organismen. Nach meiner Meinung müssen wir uns die Extremitäten etwa so vorstellen, wie die des Limulus, aber nicht länger, als das halbe Kopfschild, denn sonst würden wir von ihnen Spuren behalten haben. Diese Extremitäten haben als Locomotionsorgane wohl nur am Kopfschild gesessen, — die Ringe des Leibes tragen dagegen höchst wahrscheinlich platte, blattförmige Anhänge, an deren Innenseite wiederum wie am Limulus, zahlreiche dünne Blätter die Kiemen bildeten. Ich kann mir nicht recht vorstellen, dass die Trilobiten Extremitäten besessen hätten wie die heute lebenden Phyllopoden — mit der Fähigkeit, die sie besassen, ihren Körper aufzurollen, verträgt sich ungleich besser die Meinung, die Kiemen und die sie tragenden Extremitäten hätten den heutigen Limulus-Kiemen geglichen.

Freilich ist es überhaupt nicht leicht, sich die Organisation als vom Nauplius abstammend erklären zu wollen. Wie bekannt, hat Barrande die Entwickelungsgeschichte einiger Trilobiten mitgetheilt, so besonders von Sao hirsuta. Diese Darstellungen scheinen zu beweisen, dass die Trilobiten bereits die Larvenstadien Nauplius, Zoëa völlig unterdrückt haben, und in der definitiven Gestaltung das Ei verlassen haben, so dass nur noch die Zunahme an Segmenten der weiteren Entwickelung überlassen ward.

Digitized by Google

Die Frage wäre freilich der Lösung näher zu bringen, wenn wir bereits die Embryologie des Limulus besässen, denn es ist aus der von Milne Edwards bekannt gemachten Larvenform desselben zu schliessen, dass eine innige Verwandtschaft zwischen Poecilopoden und Trilobiten besteht. Gestalten wie Agnostus lassen sich nur durch Annahme einer vollständigen Verkürzung der Entwickelung aus dem Nauplius herleiten, und die Gestalt des Kopfschildes der Trilobiten, ebenso wie die bei ihnen und bei Limulus in dem Kopfschild festsitzenden Augen bereiten der vergleichenden Morphologie auch nicht geringe Schwierigkeiten.

Es kann darum an dieser Stelle auch nicht unternommen werden, weitere Vermuthungen über die Organisation, Lebensweise und Abstammung der Trilobiten sowohl wie der Gigantostraken (Limulus, Pterygotus, Bellinurus zu äussern. Ich hoffe, dass es mir gelingen wird, die Embryologie des Limulus in nicht gar zu langer Zeit festzustellen, — dann würden die hier berührten Zweifel wohl in manchen Punkten ihre Erledigung finden. (Fig. 32 u. 33.)

Wie es nun auch mit Gigantostraken und Trilobiten stehen mag, jedenfalls bleibt doch die Ordnung der Phyllopoden der Mutterschooss aller übrigen heute lebenden Krebsgestalten. Freilich führt uns kein Weg in eine der übrigen Ordnungen durch Apus, keiner durch Branchipus, aber sowohl von Nebalia als von den Schalträgern aus haben wir mächtige Formenreihen in ihrem Entwickelungsgange zu verfolgen.

Die nun zunächst von den Phyllopoden abzuleitenden Formen hatten einen wesentlichen Charakter unter sich gemein, der sie von diesen schied: sie waren sehr klein. Ihre Kleinheit ward erreicht, indem sie die von den Phyllopoden erworbenen zahlreichen Segmente, und mit den Segmenten auch die zahlreichen, demselben Zwecke dienenden Extremitäten verloren. Die Gründe für diese Umwandlungen können wir keinenfalls in physikalischen Beziehungen der Thiere zu ihrer elementaren Umgebung suchen, sondern wir müssen Veränderungen der gleichzeitig mit ihnen auf demselben Boden lebenden Fauna annehmen. Waren einmal schalentragende Phyllopoden zweckmässig eingerichtet für seichtes Wasser und für den Meeresgrund, so waren sie es immer; nur wenn Veränderungen in der sie umgebenden Lebewelt eintraten, konnte die Organisation in ihrer Zweckmässigkeit von Neuem in Frage gestellt werden. Es konnten für dieselben Lebensbedingungen sich Formen entwickeln, die noch passender waren, und der Kampf ums Dasein zwischen beiden Rivalen musste dann zu Ungunsten der Ersteren ausfallen. Während dieses Kampfes fanden aber Colonieen

Digitized by Google

der Unterliegenden wieder eine neue Lebenssphäre, die freilich in ihrer Organisation Veränderungen hervorrief, ihnen aber doch die Weiter-Existenz ermöglichte. Die Veränderungen konnten geradezu in einer Rückbildung auf einfachere Verhältnisse bestehen, die in gewisser Weise denen glichen, von welchen die Thiere ursprünglich ausgegangen waren. So gingen also die complicirteren Vorfahren zu Grunde, und die einfacheren Nachkommen überdauerten sie — angepasst an neue und doch alte Verhältnisse. Es sind:

6. Die Ostracoden.

(Fig. 35—37.)

Diese kleinen Geschöpfe haben den Systematikern vor und nach Darwin mancherlei Schwierigkeiten bereitet; und ich müsste die Unwahrheit sagen, wollte ich behaupten, mir sei es besser gegangen, als meinen Collegen und Vorgängern. Was ich freilich in dem letzten Absatz über die Phyllopoden sage, lässt erkennen, dass ich den Ansichten der Mehrzahl der Forscher entgegen bin, welche die Ostracoden als eine in gerader Linie erfolgte, ohne wesentliche und aus der ontogenetischen Entwickelung verwischte phyletische Durchgangsstufen zu Stande gekommene Fortbildung des Nauplius ansehen. Ich bin der Meinung, dass die Ostracoden Abkömmlinge der schaltragenden Phyllopoden sind, die in dem Bestreben, immer kleinere Dimensionen anzunehmen, die complicirtere Metamerenbildung der Phyllopoden aufgeben mussten, aber die Schalenbildung beibehielten; schliesslich gelangten sie denn zu Dimensionen, welche viel geringer sind. als die so mancher Naupliusformen selbst; ja, sie brachten es durch Abkürzung der Entwickelung sogar dahin, dass sie in der Nauplius-Anlage das Ei verliessen, aber doch schon die Schale trugen, welche ihr wichtigstes Erbtheil aus der Phyllopoden-Zeit geblieben war.

Nun liegt mir freilich ob, meine Meinung mit Gründen zu belegen. Ich nehme dieselben aus der Organisation der Cypridinen, wie sie durch Grube[1]), Claus[2]) und Fritz Müller[3]) uns dargestellt ist.

---

1) Bemerkungen über Cypridina und eine neue Art dieser Gattung. Arch. für Naturgesch. XXV. pag. 322 ff.

2) Ueber die Organisation der Cypridinen. Zeitschrift für wissensch. Zoologie XV. pag. 143 ff.

3) Bemerkungen über Cypridina. Jenaische Zeitschr. f. Med. u. Naturwissenschaft. V. pag. 255 ff.

Digitized by Google

Eines der Haupt-Argumente giebt mir das Bestehen der paarigen, zusammengesetzten und beweglichen Augen. Wir wissen, dass die ersten Anlagen zu solchen zusammengesetzten Augen sich schon bei der Archizoëa gezeigt haben, dass späterhin bei Zoëa diese Organe eine höhere Ausbildung erfuhren, und dass sie innerhalb der Phyllopoden-Ordnung durchweg beibehalten wurden. Wir wissen ferner aus der Embryologie der Daphnien[1]), dass in dieser Familie das zusammengesetzte, bewegliche Auge getrennt und paarig angelegt wird, dass es aus denselben Theilen besteht, die wir späterhin bei den Decapoden wieder finden, dass mithin eine gemeinsame Ausgangsquelle für beide Bildungen angenommen werden kann — und diese suche ich in dem Auge der Zoëa, dessen Ausgestaltung bei den Phyllopoden die entschiedenste Aehnlichkeit mit dem Auge der Daphnien und der Cypridinen hat. Müssten wir aber annehmen, dass Cypridina auf eigne Hand sich aus dem Nauplius entwickelt habe, ohne Dazwischenkunft der genannten Stufen, so wären auch die Augen als auf eigne Hand entstanden anzusehen, und es bliebe immerhin schwieriger dann die grosse Uebereinstimmung der Structur mit den Daphnien und mit den Phyllopoden und Decapoden zu erklären.

Den zweiten Grund suche ich in dem Bestehen der Schale. Man erinnert sich, dass diese Schale erst entstehen konnte, nachdem eine Falte aus der Rückenwand des Nauplius eine Duplicatur gebildet hatte, welche über die Seiten herabhing und die Wurzeln der Extremitäten von aussen bedeckte. Diese Duplicatur setzte aber eine Trennung des Körpers in einen vorderen und einen hinteren Abschnitt voraus — und der hintere Abschnitt war, wie ich unter dem Capitel Archizoëa auseinandersetzte, der erste Beginn des Pleon. Aus diesem Schild der Archizoëa und Zoëa ward dann im Verlauf mannichfacher Umbildungen die zweiklappige Schale, die wir bei den Phyllopoden kennen lernten. Wäre nun die Cypridina kein Abkömmling der schaltragenden Phyllopoden, so müsste der ganze Entwickelungsgang in der supponirten directen Zwischenreihe zwischen Nauplius und Cypridina zum zweiten Male durchgemacht sein, — denn dass plötzlich aus dem Nauplius ein schaltragender Krebs wird, das wird Niemand für möglich halten.

Den dritten Grund entnehme ich aus dem Bestehen eines verkürzten Pleons. Der Nauplius besitzt kein Pleon, die Anlage dazu erwirbt er erst als Archizoëa und bildet es zu einem selbstständigen

1) Dohrn, Unters. über Bau und Entwickelung der Arthrop. 3. Die Schalendrüse u. d. embryon. Entw. der Daphnien. Jenaische Zeitschr. V. pag. 287.

Digitized by Google

Körperabschnitt aus als Zoëa. Von da aus gehen mannichfaltige Vergrösserungen und Verkürzungen dieses Körpertheils durch die Reihe der Phyllopodenformen hindurch, — und wir sahen die Verkürzung besonders thätig bei den Schalträgern, die Verlängerung bei Formen, die weder Schale noch überhaupt einen Panzer besassen. Als dann die Schwimmfunction hauptsächlich an die vordersten Extremitäten zurückging, also besonders an das zweite Antennenpaar, musste die Verkürzung des Pleon noch weitere Fortschritte machen, der Schwerpunkt des Körpers musste immer weiter nach vorn gelegt werden, alle hinteren Theile so sehr als möglich in ihrer Ausdehnung beschränkt werden, um der mühsamen Arbeit der Antennen nicht noch hinderlicher zu sein. Es blieb also vom Pleon nichts übrig, als was am unentbehrlichsten war — und das sind die beiden Anhänge am Ende, mittelst welcher das Thierchen steuern kann. Zugleich ward die Haltung des Pleon so regulirt, dass es ganz und gar unter den Vorderleib gekrümmt und von der Schale vollständig eingeschlossen werden konnte.

In diesen Angaben und ihrer Deutung treffe ich zusammen mit den Anschauungen, welche Claus a. a. O. vorträgt; dieser Forscher bemüht sich auch, die Organisation von Cypridina auf phyllopodenartige Bildungen zurückzuführen, und seine Einsicht in diesen Fragen ist bekannt genug. Freilich steht ein ebenso anerkannter Forscher auf gegnerischer Seite: Fritz Müller, welcher kürzlich in dem oben citirten Aufsatze eine andere Ueberzeugung ausgesprochen hat. Indem er sich gegen Gerstäcker's Unterordnung der Ostracoden unter die Branchiopoden wendet, diesen kleinen Geschöpfen vielmehr den Anspruch auf die Bildung einer eignen Ordnung zuerkennen will, definirt er seinen Begriff der »Ordnung« dahin, dass er annimmt, eine Ordnung bilden diejenigen Krebse, die sich selbstständig vom Urstamm der Classe, und nicht von einem der anderen Hauptäste desselben abgezweigt haben. Einen so selbstständigen Ursprung vindicirt er nun den Ostracoden, — damit steht er also meinen Anschauungen diametral gegenüber. Weiterhin citirt aber Fr. Müller sowohl Claus wie Haeckel als Gewährmänner für die Erhebung der Ostracoden zu einer eignen Ordnung — ja ich selbst bin durchaus geneigt als Dritter oder Vierter im Bunde zu figuriren — aber ich glaube nicht, dass diese beiden Forscher geneigt sein werden, für ihren Begriff der »Ordnung« Fritz Müller's Definition anzunehmen. Was mich betrifft, so erkläre ich mich entschieden dagegen. Die ganze Darstellung der Geschichte des Krebsstammes, die ich bisher gegeben, beweist, dass nach meiner Ueberzeugung die Spaltung in die heute angenommenen Ordnungen eine sehr allmähliche gewesen ist, dass Ordnung sich aus Ordnung entwickelt

Digitized by Google

hat, und dass wir darum entweder nur von einer Krebsordnung sprechen dürfen, oder von so vielen, als uns passend und zweckmässig erscheint, d. h. dass wir den Ordnungsbegriff nur als einen relativ festen ansehen und ihn hauptsächlich da anwenden, wo wir grosse Gruppen von Organismen sehen, die durch keine lebenden Mittelglieder mehr deutlich verbunden werden. Man könnte ebenso gut für Apus und Lepidurus, für Artemia und Branchipus, für Nebalia, für Limnadia und Estheria eigne Ordnungsnamen aufstellen, wie für die Macruren, die Brachyuren, die Stomatopoden etc., — und in der That finden wir auch in neueren Systemen diese Ansicht durchgeführt[1]), die mir vollkommen berechtigt erscheint. Darum, und weil die Uebergänge, die von den schaltragenden Phyllopoden zu den Ostracoden führen zu Grunde gegangen sind — darum bin ich ebenfalls geneigt, die Ostracoden als eigne Ordnung bestehen zu lassen — aber dass sie sich direct und unvermittelt aus Naupliusformen gebildet hätten, bezweifle ich sehr.

Denn was nun die fernere Organisation von Cypridina anlangt, so haben wir auch in der Gestaltung der Gliedmaassen nach meiner Meinung deutliche Anzeichen von ihrer Phyllopoden-Abstammung. Die auf die Mandibeln folgenden Extremitäten-Paare haben noch alle Spuren der früheren Lappen- und Blattbildung, wie wir sie besonders von den Schalträgern unter den Phyllopoden kennen. Man nehme z. B. die erste Maxille der Cypridina globosa, wie wir sie durch Lilljeborg[2]) (Fig. 38) kennen. Sie besteht aus einem Stamm, dessen Innenfläche in drei Lappen ausgezogen ist, der sich dann in einen zweigliederigen Ast fortsetzt. Dieser Lappen ist das Characteristicum der Phyllopoden-Gliedmaassen, und wir finden sie wieder durch die ganze Reihe der späteren Krebsformen hindurch. Freilich würde man aus ihr allein noch nicht darauf schliessen können, dass sie auf Phyllopoden-Vorfahren führt. Es wäre durchaus denkbar, dass die Extremitäten, welche zur Nahrungsaufnahme in Verwendung gebracht werden, allmählich durch diese Thätigkeit allein, zu solcher lappigen Gestalt geführt würden. Indem nämlich die Hauptthätigkeit derselben von aussen nach innen gerichtet ist, müssen sie auch so zu sagen ihre Front nach innen, dem Munde zu kehren. Ursprünglich waren sie aber walzenförmige, mehrgliedrige Schwimmbeine, die gerade im Gegen-

---

1) Vergl. G. O. Sars, Histoire naturelle des Crustacés d'eau douce de Norvège. 1me Livr. Christiania 1867. pag. 5.

2) De Crustaceis ex ordinibus tribus. Cladocera, Ostracoda et Copepoda in Scania occurrentibus. Lund 1853. pag. 171. Tab. XVII.

Digitized by Google

theil ihre Hauptentwickelung nach aussen, möglichst weit vom Munde weg nahmen. Die Functionsveränderung musste daher diejenigen Formen bevorzugen, welche allmählich sich verkürzten und statt der Walzenform der Glieder, eine plattere, lappenförmige annahmen, wobei natürlich die Lappen nach innen sich ausdehnten und an ihrem Rande mit Zähnen und Haaren besetzt waren. So konnte durch fortschreitende Verkürzung schliesslich eine Form entstehen, welche der Phyllopoden-Gestalt gleich war. Etwas der Art werden wir in der That wirksam sehen, wenn wir später über die Malacostraca zu handeln haben.

Es liegt aber nahe, zu bemerken, dass diese Umwandlung noch um Vieles leichter und rascher gehen musste, wenn schon von vornherein die Gestalt der Extremitäten phyllopodenartig d. h. breit, platt und gelappt war. Da wir nun aus andern Gründen vermuthen dürfen, dass die Vorfahren Cypridina's Phyllopoden waren, so können wir wohl glauben, dass auch die Lappenbildung der Maxillen von den Phyllopoden herstammt. Dazu berechtigt uns aber noch um Vieles mehr der Bau der beiden folgenden Maxillenpaare, — oder — unbestimmter ausgedrückt, der beiden folgenden Extremitätenpaare (Fig. 39 u. 40). Wenn wir uns erinnern, dass an dem Phyllopodenfuss als hauptsächlichstes Characteristicum aussen eine ziemlich ausgedehnte Platte sass, welche anfänglich bestimmt war, die Locomotion zu unterstützen, dann, das Wasser unter der Schale behufs der Respiration zu erneuen, die schliesslich aber selbst zur Kieme ward, und die Athmung allein besorgte, so werden wir unschwer aus dem Bestehen einer ähnlichen Platte an den in Rede stehenden beiden Extremitäten-Paaren schliessen können, dass hier wiederum ein deutliches und unzweifelhaftes Zeugniss für die Phyllopoden-Abstammung der Cypridina vorliegt. Fritz Müller dagegen sagt: »Gegen den Vergleich der Kiefer der Muschelkrebse mit den Beinen der Cladoceren und Phyllopoden ist sicher nichts einzuwenden; nur passt derselbe ebenso gut auf die Kiefer der Copepoden und der höheren Kruster (Malacostraca); namentlich bei den Jugendzuständen der letzteren ist die Aehnlichkeit bisweilen eine überraschende, so dass auch Claus den Kiefer der Krebslarven »eine Art Phyllopodenfuss« genannt hat. Diese Uebereinstimmung beweist also nichts für eine nähere Verwandtschaft der Muschelkrebse und Branchiopoden; was sie beweist, ist, dass die Branchiopoden, Copepoden, Ostracoden und Malacostraca erst lange nach der Naupliuszeit, dass sie erst dann von dem gemeinsamen Stamme sich trennten, als auch diese den Kinnbackenfüssen zunächst folgenden, bei allen diesen Ordnungen in ähnlicher Weise gebildeten Gliedmaassen bereits entwickelt waren. Die

Digitized by Google

Stammeltern mögen zu dieser Zeit dieselbe Gliedmaassenzahl besessen haben, wie jetzt Cypris und Cythere; wie bei diesen hinter den Kinnbacken noch vier Gliedmaassenpaare sich finden, so sprosst auch bei dem Nauplius von Peneus die gleiche Zahl von Fussstummeln hinter den Kinnbackenfüssen gleichzeitig hervor. Die einzige Ordnung, deren Kiefer in ganz abweichender Weise gebildet sind, bei der überhaupt ähnliche Gliedmaassen fehlen, sind die Pectostraca Haeckel's, die Rankenfüsser und Wurzelkrebse; diese mögen schon früher von dem Urstamme der Classe sich getrennt haben; in diesem Falle wäre die Auffassung von Alph. Milne Edwards die richtige, der sie als Basinotes allen übrigen Krustern (Eleuthéronotes) gegenüberstellt.« Der Gegensatz, in den sich meine Auffassung gegen die eben dargelegte stellt, besteht wesentlich darin, dass ich in den Ostracoden eine Rückentwickelung sehe, d. h. ein Zurückgreifen aus bereits complicirterer Organisation in eine weniger complicirte, die immerhin aber im Stamme noch nicht dagewesen war, also in sofern auch als Weiter-Entwickelung zu betrachten wäre. Fritz Müller nun scheint zu glauben, dass die Ostracoden im Allgemeinen dem Knotenpunkt der Organisation noch am nächsten stehen, von dem aus die Differenzirungen der andern Ordnungen strahlenförmig sich abgezweigt haben, dass sie also ein Stehenbleiben, keine Rückentwickelung, beziehungsweise Weiter-Entwickelung darstellten. Das Argument, die Maxille der Malacostraken-Larven gleiche einem Phyllopodenfuss hat aber in meinen Augen eine andere Beweiskraft, als in denen Fritz Müller's: ich schliesse daraus, — freilich noch aus vielen andern nachher zu erörternden Punkten, — dass in der That, wie die Ostracoden so auch sämmtliche Malacostraken aus dem Phyllopodenstamme herzuleiten seien. Was dann schliesslich die Auffassung der genalogisch-systematischen Stellung der Cirripeden anlangt, so weiche ich auch darin von Fritz Müller's, Haeckel's und Milne-Edward's Ansichten ab und betrachte diese Ordnung als sehr viel näher dem allgemeinen Crustaceenstamme angehörig als diese Forscher es thun. Doch über all dieses werde ich im weiteren Verlaufe meiner Darstellung noch ausführlich zu sprechen haben.

Wenn ich somit im Recht zu sein glaube, die Cypridinen als Abkömmlinge der Phyllopoden in Anspruch zu nehmen, so muss ich nun auch versuchen, ihre übrigen Eigenthümlichkeiten aus diesen herzuleiten, oder nachzuweisen, warum sie sich etwa neu und selbstständig gebildet haben.

Unter diesen Eigenthümlichkeiten steht oben an die Bildung der Kiemen und der Putzfüsse, über welche uns kürzlich durch den bereits citirten Aufsatz Fritz Müller's wichtige Mittheilungen geworden sind.

Digitized by Google

Die Kiemen, die nicht allen Cypridinen zuzukommen scheinen, sind Gebilde, welche als einfache blattförmige Anhänge in verschiedener Anzahl »dicht neben der Mittellinie des Rückens« (FR. MÜLLER l. c. pag. 268) entspringen. »Sie sind etwas schief eingefügt, so dass der Hinterrand jedes Blattes den Vorderrand des folgenden von aussen deckt. Nach dem oberen Ende trägt jedes Blatt einen kleinen, warzenförmigen Vorsprung, durch den wohl eine zu enge Berührung derselben verhütet wird. Den Rand des Blattes entlang läuft ein einfacher, ziemlich weiter Hohlraum. Bei C. nitidula sind, wenn ich mich recht entsinne, die Kiemen zahlreicher. Dagegen ist ihre Zahl geringer bei ganz jungen Thieren. Junge von C. Agassizii, die die Schale der Mutter noch nicht verlassen hatten, besassen nur drei Kiemenpaare, die von vorn nach hinten an Grösse zunahmen. Die hintersten Kiemen sind also wahrscheinlich die ältesten.« (Fig. 41, 42).

Ich will zuerst versuchen, das Bestehen dieser Kiemen aus der Auffassung heraus zu begreifen, die FRITZ MÜLLER über die Abstammung Cypridina's hegt. Derselbe sagt l. c. pag. 273 in einer allgemeineren Erörterung über Schöpfung und Umwandlung: »— Umgekehrt wird es die Anhänger der alten Schöpfungshypothese, wie sie WEISMANN nennt, befremden müssen, dass die Kiemen der Cypridinen am Rücken stehen, der bei keinem andern Krüster Kiemen trägt. Wir dagegen hätten als wahrscheinlich voraussagen können, dass wenn bei Muschelkrebsen Kiemen vorkämen, sie dann in ihrer Lage nicht mit denen anderer Kruster übereinstimmen würden. Denn Kiemen haben sich bei den Krustern überhaupt erst spät entwickelt; selbst unter den Podophthalmen und Edriophthalmen sind bis heute die der Urform zunächst stehenden Gattungen (Mysis, Tanais) kiemenlos geblieben. Die Stammeltern der Muschelkrebse besassen sicherlich keine Kiemen. Die Kiemen von Cypridina also und die irgend eines andern kiementragenden Krusters sind keinenfalls das Erbtheil eines gemeinsamen Ahnen, vielmehr haben sich die der ersteren unabhängig entwickelt und es dürfte deshalb eine abweichende Lage derselben mit grösserer Wahrscheinlichkeit erwartet werden, als eine übereinstimmende.«

Dieser Anschauung bin ich nun freilich ganz und gar entgegen. Wie sollten wir uns wohl davon Rechenschaft geben, durch welche Processe es überhaupt zur Kiemenbildung gekommen? Vergleichen wir einmal die Kiemen der Krebse mit der Lunge der Wirbelthiere. Letztere ist anerkanntermaassen aus der Schwimmblase der Fische hervorgegangen, d. h. die viel wichtigere Function hat sich an das Organ heran entwickelt aus einer niedrigeren, die allmählich durch veränderte Existenzbedingungen weniger wichtig wurde. Wie sollten wir uns

Digitized by Google

vorstellen, dass eine Ausstülpung des Darmcanals so ohne Weiteres zur Lunge, zu einem der vital-nothwendigsten Organe des ganzen Geschöpfes wird, wenn nicht diese Ausstülpung ganz allmählich an der Hand unwesentlicherer Functionen zu einem umfangreichen und charakteristischen Gebilde sich entwickelt hätte, das ohne grossen Sprung nun zu einem ganz ausserordentlich wichtigen Organ werden könnte? Ebenso sehe ich die Kiemen der Krebse an. Die Respiration ging — darin stimme ich ja vollständig mit Fritz Müller überein — anfänglich gewiss nicht in Kiemen vor sich, — localisirte Athmungs-Organe, und das sind für Wasserbewohner eben Kiemen, konnten sich nothwendiger Weise erst durch eine vorschreitende Arbeitstheilung entwickeln. Aber die Organe, welche für diese Function in Beschlag genommen wurden, konnten nicht durch die Function selber ins Leben gerufen sein, sondern mussten durch weniger fundamentale Thätigkeiten so weit herangebildet werden, dass die Athmungsfunction allmählich in ihnen sich localisiren konnte, wonach sie dann freilich durch fortdauernden Gebrauch in ihrer Organisation soweit gesteigert und vervollkommnet wurden, dass man sofort aus ihrer Structur erkennen kann, welcher Funktion sie dienen. Ich kann mir schwer vorstellen, dass am Körper der Krebse irgendwo Ausstülpungen entständen, die sofort für die Athmungsorgane beibehalten würden. Sie würden wieder zu Grunde gehen, und dann wäre das Thier ohne Athmungsorgane. Und besonders schwierig würde es, wenn wir bedenken, dass de Bewegung des Wassers an diesen Ausstülpungen nothwendig ist, dass also die Ausstülpungen nur dann erfolgreich wirken könnten, wenn vorher schon Organisationen bestehen, welche diese Bewegung des Wassers vornehmen. Woher aber dann diese Organisationen? Es wird ja ein Cirkelschluss. Sehen wir statt dessen den ganzen Entwickelungsprocess als einen Wechsel der Functionen und eine Theilung der Arbeit an, so wird es spielend leicht, wie ich schon oben zeigte, die Kiemen der höchst organisirten Krebse aus Bildungen abzuleiten, die in dem Zeitraum zuerst auftraten, welche zwischen Zoëa und den Phyllopoden mitten inne liegt, uns aber in besondern Formen nicht mehr erhalten sind.

Aber — wirft mir mein Gegner ein — die Kiemenanhänge der Cypridina haben doch augenscheinlich nichts mit Schwimmbeinen zu thun, sie sind und bleiben sackförmige Ausstülpungen der Körperwand, und ihre hohe Lage neben der Mittellinie des Rückens beweist unerbittlich gegen die versuchte Ableitung aus Organen, die bereits vorher bestanden hätten.

Das scheint freilich so, wenn man die Meinung Fritz Müller's theilt,

Digitized by Google

dass die Cypridinen unabhängig von früheren, höher differenzirten Formen aus dem Nauplius hervorgegangen seien. Dann sind die Kiemensäcke sicherlich nicht anders aufzufassen und zu erklären. Aber die Sachlage ändert sich mit einem Schlage, wenn ich Recht habe, und Cypridina nur ein Abkömmling der schaltragenden Phyllopoden ist. Denn dann werden die Kiemensäcke die letzten Ueberreste der hier früher vorhanden gewesenen Extremitäten!

Auch für diesen Satz brauche ich nicht bei der blossen Behauptung stehen zu bleiben. Fritz Müller selbst liefert Beweise. Von C. nitidula sagt er, wie schon citirt, die Zahl der Kiemen sei geringer bei jungen Thieren, und von den Jungen der C. Agassizii, die die Schale der Mutter noch nicht verlassen hatten, giebt er selbst mit Bestimmtheit an, sie hätten nur drei Kiemenpaare besessen, die von vorn nach hinten an Grösse zunahmen. Die hintersten Kiemen seien also wahrscheinlich die ältesten.

Diese allmähliche Vermehrung der Kiemen ist ein Fingerzeig, wie er nicht besser verlangt werden kann, zu Gunsten meiner Interpretation. Denken wir uns, die jetzigen Kiemen der Cypridina seien noch vollständige Extremitäten, so würden wir nicht im Geringsten erstaunt sein, zu finden, dass mit zunehmendem Wachsthum die Zahl der Extremitäten zunähme. Wir würden an den Extremitäten zu finden erwarten, was wir bei den Phyllopoden kennen gelernt haben, also ausser einem gelappten Innentheile auch einen platten Kiemenanhang an der Aussenseite zunächst der Insertion. Mit den Extremitäten zusammen würden wir aber ebenso viele Segmente des Körpers erhalten, — mithin einen viel gestreckteren und ausgedehnteren Körperumfang. Wir sahen aber, dass bei den schaltragenden Phyllopoden die Tendenz bestand, die Metamerenbildung nach Möglichkeit einzuschränken, und die früher bestandene grosse Zahl aufzugeben und stetig zu verringern. So verschwanden also bei dem Uebergange aus den Phyllopoden zu Cypridina allmählich die Metameren und mit den Metameren die Extremitäten. Dies Verschwinden brauchen wir aber nicht in allen Fällen als ein einfaches Ausbleiben ihrer Bildung zu verstehen, sondern wir können ebensowohl annehmen, dass eine Reihe von Metameren verwuchsen, dass der so verwachsene Theil sich allmählich in toto verkürzte, dass aber von den Extremitäten die Basalabschnitte noch längere Zeit fortbestanden und dass, da ihre Kiemenabschnitte sehr nützlich für das Thier sein konnten, diese schliesslich allein von der ganzen erloschenen Metamerenreihe übrig blieben und sich nun wegen des beschränkten Raumes über einander schoben. Was ferner das Argument

Digitized by Google

betrifft, die hintere Kieme bei der jungen C. Agassizii sei die grösste gewesen, mithin wahrscheinlich das Wachsthum der Kiemensäcke von hinten nach vorn vorschreitend, so ist dagegen die Abbildung der Kiemen des erwachsenen Männchens zu citiren, die Fr. Müller auf Tafel VIII. Fig. 26 br. giebt, welche beweist, dass die Kiemen von der Mitte nach beiden Seiten an Länge abnehmen, mithin ein Wachsthum nach hinten jedenfalls stattfindet.

Und nun zu den Putzfüssen! Dass in der That diese Putzfüsse von grosser Wichtigkeit sind, beweisen die zahlreichen Apparate, welche bei andern Crustaceen für dieselbe Function eingerichtet sind. Fritz Müller selbst macht darauf aufmerksam, dass die Füsse des letzten Brustringes bei Porcellana, Hippa und Pagurus als Putzfüsse verwendet werden und für solche Function vortrefflich eingerichtet sind. Ferner erwähnt er, dass schon Zenker [1]) das zweite Fusspaar der Cypriden als ein solches Paar Putzfüsse ansieht. Auch von den Krabben erwähnt derselbe geistreiche Forscher einen derartigen Apparat zum Reinigen der Kiemen; als solcher dienen die Geissel-Anhänge der Kieferfüsse, die in der Kiemenhöhle sich hin und her bewegen. Ich selbst habe bei den Cumaceen eine ähnliche Vorrichtung beschrieben: dort wird ein Ast des zweiten Maxillenpaares zum Putzen verwandt [2]); bei Tanais hingegen ist ein Ast des ersten Maxillenpaares behufs Reinigung der Kieme nach hinten gewandt [3]).

Man sieht, diese Function, die in directer Abhängigkeit von der Art und Gestaltung und vor allen von der Lage der Kiemen stand, konnte nicht constant an ein und dasselbe Organ gebunden sein, — von ihr ist eher vorauszusetzen, dass sie sich bei den verschiedenen Krebsordnungen immer neu gebildet hat und wohl erst in späterer Zeit allgemein geworden ist. Ob hier Fr. Müller nun im Rechte ist, wenn er meint, die Putzfüsse Cypridina's seien dem letzten Fusspaar der Cypriden homolog, das lasse ich dahingestellt, — aber es ist nichts dagegen einzuwenden. Nur das Studium der Entwickelungsgeschichte kann uns darüber endgültigen Aufschluss geben, welcher Extremität dieser sonderbare Apparat entspricht. Es bleibt indess immerhin möglich, dass die früheren Forscher nicht ganz im Unrecht sind, wenn sie in diesen sonderbaren, geringelten Anhängen Aehnliches erblicken wollten, wie die Eiertragenden Röhren bei Limnetis etc., denn ist einmal die Abstammung von den Phyllopoden für Cypridina zugegeben, so ist e

1) Anatom.-systematische Studien über Krebsthiere. Berlin 1854. pag. 17.
2) Bau und Entwickelung der Cumaceen. Jenaische Zeitschr. V. pag. 72.
3) Bau und Entwickelung von Tanais. Jenaische Zeitschr. V. pag. 301.

Digitized by Google

auch nicht mehr unwahrscheinlich, dass ein sonderbar gestalteter Anhang, welcher bei den einen zum Tragen der Eier dient, bei der andern zum Reinhalten der Kiemen verwendet wird. Doch — wie gesagt — das ist nur durch directe Beobachtung der Entwickelung zu entscheiden, — und darin hat Fr. Müller unbezweifelt Recht, wenn er dagegen protestirt, dass die Function irgend eines sonderbaren Anhangs ohne Weiteres als den Generationsbeziehungen angehörig aufgefasst wird.

Eine Schwierigkeit ist aber immer noch aus dem Wege zu räumen. Nach Fr. Müller's Angaben entbehrt C. Grubii der Kiemen; auch ist zu vermuthen, dass dieselben der C. oblonga ebenfalls fehlen, da Grube nichts von ihrem Bestehen anführt; ebensowenig giebt Lilljeborg eine Andeutung von ihrem Bestehen bei C. globosa. Sollte nun hier wiederum etwa ein Beweis gefunden werden können, dass die Kiemen der andern Cypridinen Neubildungen, nicht letzte Ueberreste von Extremitäten seien? Ich denke nein. An und für sich wäre es höchst unwahrscheinlich, dass solche Neubildungen nur bei einem Theile so nah verwandter Thiere aufgetreten wären, während bei den übrigen gar keine Spur davon zu entdecken ist. Man meint zwar, dass bei Mysideen ähnliche Verhältnisse vorlägen, allein durch G. O. Sars' Untersuchungen ist die behauptete Kiemenlosigkeit von Mysis als ein Irrthum nachgewiesen werden. Aber trotz des Mangels der Kiemen bei den drei obgenannten Arten finden wir doch die Putzfüsse wohl entwickelt. Es wäre somit nur anzunehmen, entweder: die Function der letzteren ist nicht nur die Reinigung der Kiemen, sondern auch andrer Theile, oder: die Kiemensäcke der drei Arten sind zu Grunde gegangen, werden vielleicht noch bei den Jungen zum Vorschein kommen, gelangen aber nicht mehr zu vollständiger Entwickelung. In beiden Alternativen steckt viel Wahrscheinliches, so dass wir uns wohl dahin einigen können, beide als wahr anzunehmen und ihrem Zusammenwirken das uns jetzt vorliegende Resultat zuzuschieben. Die Putzfüsse werden sicherlich auch die schwingenden Platten in ihre Obhut nehmen, vielleicht überhaupt den ganzen Rinnenraum der Schalen in Ordnung halten. Und dass die Kiemen allmählich zu Grunde gingen, das kann uns um so weniger erstaunen, als sie überhaupt nur — wenigstens nach meiner Deutung, — als rudimentäre Bildungen aufzufassen sind, und in der Weiter-Entwickelung der Ostracoden-Ordnung in der That völlig verschwunden sind, denn die Cypriden und Cytheriden entbehren ihrer völlig.

Ich gehe zu einem andern Organe über, dessen Bestehen bei Cypridina Fr. Müller gleichfalls zu eingehenden Erwägungen veranlasst hat: das Herz. Dasselbe liegt als ein einfacher Sack an der

Digitized by Google

Stelle, wo die Schale mit dem Körper in Verbindung tritt, — wo wir es auch bei der Zoëa fanden. »Es nimmt das Blut von hinten und unten auf und sendet es nach vorn und oben.« So berichtet Fr. Müller. Hören wir weiterhin desselben Forschers Betrachtungen über dies Organ[1].

»Calaniden und Pontelliden einerseits, Cypridinen andrerseits, stimmen auch darin überein, dass sie die einzigen Familien ihrer Ordnung sind, die ein Herz besitzen, und dies Herz hat bei beiden etwa dieselbe Lage; ob genau dieselbe, ist wegen der bei Cypridina mangelnden Gliederung des Leibes nicht zu sagen. Dabei drängt sich denn natürlich die Frage auf, wie diese übereinstimmende Lage des Herzens zu erklären sei.« — »Sie würde sich am einfachsten erklären lassen, wenn wir annehmen dürften, dass schon die gemeinsamen Stammeltern der Copepoden und Muschelkrebse ein Herz an gleicher Stelle besassen und auf die genannten Familien vererbten, während dasselbe bei der Mehrzahl der Copepoden sowie bei Cypris und Cythere im Laufe der Zeiten verloren ging.«

»Zu Gunsten der Annahme, dass schon die gemeinsamen Stammeltern von Copepoden und Muschelkrebsen ein Herz besassen, lässt sich geltend machen, dass schon die Nauplius von Peneus ein Herz haben, wodurch das sehr frühe Auftreten desselben bei den Krustern wahrscheinlich wird; ferner, dass, wie erwähnt, gerade die mit einem Herzen versehenen und auch sonst höher stehenden Familien beider Ordnungen der Urform unverkennbar ähnlicher sind, als die übrigen niedriger stehenden, des Herzens entbehrenden Familien, dass keinenfalls erstere aus letzteren, dass weit eher letztere aus ersteren hervorgegangen sein können. Dafür, dass das Herz verloren gehen könne, liefern unter den Gliederthieren die Milben den Beweis. Der Mangel des Herzens scheint bei diesen in ursächlichem Zusammenhange zu stehen mit der geringen Grösse; natürlich ist das Herz um so entbehrlicher, zu je winzigerem Umfange der Körper herabsinkt. Von den Muschelkrebsen wissen wir nun, dass sie früher eine weit ansehnlichere Grösse erreichten; auch ohne die handgreiflichen Beweise, die uns ihre versteinerten Schalen liefern, würde die geringe Zahl der an Gattungen

1) Ich brauche gewiss nicht hinzuzusetzen, dass meine Polemik gegen Fritz Müller's Meinungen aus dem reinsten Sach-Interesse stammt. Gerade diesem Forscher schulde ich persönlich sehr viel, denn seine Schrift »Für Darwin« ist der Ausgangspunkt meiner Studien gewesen. Wenn ich jetzt mehrfach in Widerspruch mit Müller's Meinungen stehe, so beweist das nur, dass es sich um schwierige und vielfacher Interpretation zugängliche Verhältnisse handelt, über welche man bei gründlichster Kenntniss doch sehr wohl verschiedener Meinung sein kann.

Digitized by Google

armer, scharf geschiedener Familien schliessen lassen, dass wir in den heutigen Muschelkrebsen nur kümmerliche Reste eines früher weit reicher entfalteten Formenkreises vor uns haben. Möglich, dass in gleicher Weise, wie bei den Milben, auch bei ihnen das Herz mit Abnahme der Grösse geschwunden ist.« — »Immerhin, wenn auch wahrscheinlich, kann die Annahme eines Herzens für die gemeinsamen Stammeltern von Copepoden und Muschelkrebsen nicht als erwiesen gelten.

»Die zahlreichen Copepoden ohne Herz (Cyclopiden, Harpactiden, Peltidien und Corycaeiden) und auch Cypris und Cythere haben im Uebrigen nicht das Aussehen verkümmerter Thiere. Und auch ohne jene Annahme lässt sich die gleiche Lage des Herzens bei Calaniden und Cypridinen erklären, wenn man die Weise ins Auge fasst, in der bei den Arten ohne Herz das Blut bewegt wird. »Bei den Cyclopiden, Harpactiden und Peltidien übernehmen die fast rhythmischen Bewegungen des Magens, in welchen derselbe zum Theil durch äussere Muskelzüge aufwärts gezogen und dann wieder in entgegengesetzter Richtung herabgedrängt wird, die Function des fehlenden Circulationsorgans und bringen die im Leibesraum befindliche Blutmenge in eine gewisse Strömung[1]).« — Ganz dasselbe sah ich bei einer grossen, ziemlich durchsichtigen Cypris, bei welcher gleichzeitig auch die Leberschläuche sich regelmässig zusammenzogen. Die Bewegungen der obern Magenwand, sowie der von ihr nach oben gehenden Muskeln geben ein so täuschendes Bild eines über dem Magen liegenden Herzens, dass ich immer wieder ein Herz zu sehen glaubte, nachdem ich mich längst auf das Bestimmteste von dessen Abwesenheit überzeugt hatte.

»Das Blut wird also von derselben Stelle aus in Bewegung gesetzt bei den Arten mit und bei denen ohne Herz, und an dieser Stelle würde bei letzteren am leichtesten ein Herz sich bilden können, etwa indem die schmalen Muskelzüge, die jetzt hier sich finden, breiter würden, zu einem Schlauche zusammenträten und selbstständig sich zusammenzögen. Die gleiche Lage des Herzens bei Cypridinen und Calaniden würde sich also daraus erklären, dass schon in frühester Zeit, schon bei deren gemeinsamen Stammeltern, wenn denselben auch ein Herz fehlte, doch schon von derselben Stelle aus, wo bei ihren Nachkommen das Herz liegt, die Bewegung des Blutes ausging.« — »Unter den bis jetzt bekannt gewordenen Copepoden ohne Herz stehen einige (z. B. Oithona) den Calaniden so nahe, dass möglicher Weise sich noch

1) CLAUS, Die frei lebenden Copepoden. pag. 61.

Uebergangsformen finden werden, die auch in Bezug auf das Herz die Mitte halten zwischen Calaniden und Cyclopiden oder Corycaeiden, Arten, die ein im Vergleich mit dem der Calaniden unvollkommenes Herz besitzen, und solche Arten dürften dann vielleicht, namentlich durch ihre Entwickelungsgeschichte, Aufschluss darüber geben, ob ihr Herz als ein werdendes oder ein verkümmerndes zu betrachten sei, und damit die Frage entscheiden, ob die Stammeltern der Copepoden und Muschelkrebse des Herzens entbehrten oder mit einem solchen versehen waren.«

Wie man sieht, ruht auch auf dieser Frage, einer wahren Herzens-Frage, eine bedeutende Verantwortlichkeit für die Entscheidung der genealogischen Streitfrage. Mit der directen Ableitung der Cypridinen vom Nauplius konnte Fr. Müller freilich nicht aus diesem Zweifel heraus. Uns geht es besser. Wir nehmen aus all den bisher angeführten Gründen an, die Phyllopoden seien die Vorfahren Cypridina's gewesen, und daraus folgt dann von selber, dass ihr Herz nur ein auf sehr bescheidene Dimensionen reducirtes Phyllopoden-Herz ist. Dass es an derselben Stelle liegt, wie bei Zoëa, beweist erstens, dass wir im Rechte sind, Zoëa für den allgemeinen Durchgangspunkt aller lebenden Krebse zu erklären, zweitens, dass bei Beschränkungen eines anfänglich höheren Entwickelungszustandes zurückgegriffen wird auf frühere Organisationsstufen. Zugleich können wir daraus lernen, wie vorsichtig man mit der genealogischen Werthschätzung eines einzelnen Organs sein muss. Dem Herzen zufolge könnte in der That Cypridina ein directer Abkömmling der Nauplius sein — auch die Gestaltung der drei ersten Gliedmaassenpaare wird von Fr. Müller in demselben Sinne gedeutet — aber die Kiemen, die Putzfüsse und die schwingenden Platten der übrigen Extremitäten, sowie die Beschaffenheit der Schale und des Pleon legen dagegen Widerspruch ein — und, wie ich hoffe gezeigt zu haben — erfolgreichen Widerspruch.

Wir sind aber mit Cypridina noch nicht fertig: es bleibt noch die oben erwähnte Gestaltung der vorderen drei Extremitäten-Paare zu erörtern und auch ihr Gewicht gegen die Annahme meiner genealogischen Ableitung zu verringern.

Zunächst möchte ich mich principiell mit Fritz Müller's Vorschlag einverstanden erklären, das zweite Extremitätenpaar der Ostracoden nicht Antennen, sondern entweder Schwimm-Antennen — was ja wohl mit dem ursprünglichsten Sinne des Wortes »Antennen« eher zusammentrifft, als der Ausdruck »Fühlhörner« oder »Fühler«, oder geradezu Schwimmbeine zu nennen. Es scheint mir logischer zu sein, wenn wir lieber die Fühler »Fühlbeine« oder »Tastbeine« nennen, als wenn

Digitized by Google

wir die zum Schwimmen benutzten vordersten Extremitäten als Schwimmfühler aufführen. Dennoch aber lässt sich auch ein wohl zu beachtender Standpunkt denken, von dem aus der Ausdruck »Schwimmfühler« seine besondere Berechtigung gewinnt. Wenn wir nämlich annehmen dürfen, dass die als Schwimm-Extremitäten benutzten Gliedmaassen früher in der That als Tast-Organe, als Fühler, gebraucht wurden, so läge schon in dem Namen »Schwimmfühler« der Ausdruck dieser Erkenntniss. Indess — die Terminologie innerhalb der Arthropoden ist ein Gebiet, dessen Darstellung ohne Weiteres in die Hexenküche verwiesen werden muss, — und erst nach Reinigung der Morphologie wird man auch an eine vernünftige Feststellung der Terminologie denken können.

Fritz Müller geht gleichfalls scharf ins Gericht mit dem Ausdruck Gerbe's »Mandibelpalpen«. Er wünscht den Namen »Kinnbackenfüsse«, und aus denselben Gründen, die ich oben angeführt habe, kann ich auch dazu meine Zustimmung geben. Freilich aber nicht zu der daran geknüpften Auseinandersetzung, soweit sie die Mandibeln der Malacostraken betrifft. Es ist zwar richtig, dass die Mehrzahl der Zoëa ohne Mandibulartaster lebt, aber eben nur die Mehrzahl und nicht wie Fritz Müller meint: alle Zoëa. Keinen Augenblick zweifle ich aber daran, dass der bei den Decapoden später auftretende Taster homolog ist dem ursprünglich hier vorhanden gewesenen Schwimmbein des Nauplius. Das beweist unter anderm schlagend die Entwickelung der Mandibel bei Asellus und bei Cuma; bei beiden legt sich zuerst der Taster an, und erst später keimt daran der Kautheil, der dann freilich bei Cuma allein übrig bleibt. Diese Tasterlosigkeit der Zoëa-Mandibel hat zum grossen Theil mit dazu beigetragen von der Zoëa die Insecten herzuleiten — ein Unternehmen, das in meinen Augen als gescheitert anzusehen ist, aus andern Gründen, doch aber auch schon wegen dieses Umstandes, dass der Taster der Zoëa nur zeitweilig verschwunden ist.

Aus der Thatsache aber, dass bei Cypridina sowohl das zweite wie das dritte Gliedmaassenpaar an der Locomotion sich wesentlich betheiligen, das eine beim Schwimmen, das andere beim Kriechen, folgt noch nicht, dass dies direct vom Nauplius herstammende Organisation sei, sondern zufolge all den übrigen Nachweisen haben wir es hier nur mit einer Art von Rückbildung zu thun. Indess sahen wir schon diese Rückbildung innerhalb der schaltragenden Phyllopoden wirksam, denn schon hier sind die untern Antennen wieder als Schwimm-Extremitäten in Amt und Würden. Den Kinnbackentaster, oder genealogisch richtiger ausgedrückt, die dritte Nauplius-Extremität war aber noch nicht zum Kriechfuss umgewandelt.

Digitized by Google

Fritz Müller erwähnt ferner noch, dass ein männliches Copulationsorgan bestände, zusammengesetzt aus einem Stamm und zweien Aesten, deren jeder in zwei Säckchen gespalten sei. Er äussert zugleich die Vermuthung, man könne dasselbe für ein umgewandeltes, zweiästiges Fusspaar halten — eine Meinung, die auch Claus zu theilen scheint, wenn er zwei cylindrische Zapfen, die sich vor dem Schwanzende finden, als Generationsorgane anspricht — freilich bei Weibchen. Es ist wohl sehr möglich, dass diese Deutung zu Recht besteht, und dass wir es hier denn mit noch einem rudimentären Fusspaar zu thun hätten.

Dabei ist gleich darauf hinzuweisen, wie die Lage der Eier bei Cypridina für die nahe Verwandtschaft mit den Cladoceren spricht. Wir wissen, dass bei Phyllopoden die Eier auf mannichfaltige Weise getragen werden, ja dass viele derselben sie einfach ins Wasser fallen lassen und dem Zufall und dem Regenwetter die Ausbrütung überlassen. Wir wissen aber auch, dass unter den Schaltträgern mehrere die Eier an besonderen Theilen gewisser Extremitäten tragen; — bei der Verkürzung des Leibes aber, und der damit nothwendig erfolgenden Reduction der Extremitäten-Paare fielen offenbar auch diese Eierträger aus — falls wir nicht in den Putzfüssen einen solchen zu neuer Function und darum zu neuer Gestaltung ausgebildeten Anhang zu erkennen haben — und die Eier mussten anders untergebracht werden. So geriethen sie in den Hohlraum zwischen Schale und Rücken und wurden dort durch einen Auswuchs festgehalten. Versuchen wir uns diese Verlegung der Eier zu erklären, so leuchtet ein, dass bei dem allmählichen Verkürzungsprocess des Körpers sicherlich kein Raum übrig blieb für die zeitweilige Unterbringung der Eier ausser an einer Stelle, welche dem leitenden Princip bei der Schalenbildung nicht entgegen war. Dies Princip war aber möglichst rasche und vollständige Verschliessung des ganzen Körpers — so wurden die Eier schliesslich da angebracht, wo sie am wenigsten gegen dies Princip verstiessen — am Rücken unter der Schale, wo sie zugleich am sichersten waren. Die Unterbringung der Eier war natürlich eine der wichtigsten Angelegenheiten — da sie aber für den morphologischen Umwandlungsprocess nicht von so entscheidender Bedeutung ist, wie viele andere Functionen, so werde ich sie am Schlusse oder in einer andern Arbeit im Zusammenhange darstellen, und dann auch nochmal auf die Lage derselben bei Cypridina zurückkommen.

Von Interesse ist schliesslich noch das Paar der zusammengesetzten Augen. Wir sehen es deutlich gestielt bei Zoëa, in der Anlage sogar schon bei Archizoëa. Die Phyllopoden liessen gleichfalls noch deutliche Augenstiele erkennen, und so lange das freie Schwimmen das

Digitized by Google

Hauptaugenmerk der Natürlichen Züchtung war, so lange mussten auch frei bewegliche, lange Augenstiele förderlich sein. Sobald aber die Schalenbildung auftrat, das Schwimmen aufgegeben wurde und statt dessen das Leben am Meeresboden und am Ufer begann, war auch der Vortheil der gestielten Augen vorbei. Vor allen Dingen fanden sie keinen Platz in der Schale. Es musste also das Bestreben nach Verkürzung, wie an dem ganzen Körper, so auch hier sich bewahrheiten, und so sehen wir denn schon bei den Schalträgern unter den Phyllopoden, wie die Stiele völlig schwinden, die Augen immer näher an einanderücken, so dass z. B. bei Limnadia die Hornhäute derselben sich auf der Innenseite an einander abplatten. Freilich wäre bei solcher Lage die Unbeweglichkeit des Auges ein grosser Nachtheil, — so sehen wir nun auch die Musculatur der Augenstiele sich direct an die Hornhaut begeben und das Auge in seiner Kapsel zitternd hin und her bewegen. Die näheren physiologischen Umstände des Sehactes bei den Augen dieser Art sind uns freilich noch unbekannt.

Bei Cypridina ist der Verkürzungsprocess nun noch nicht so weit gegangen, wie bei den heutigen schaltragenden Phyllopoden. Wir finden die zusammengesetzten Augen noch auf kleinen Stielen sitzen, aber unbeweglich und im Innern der Schale, so dass sie weder in Gefahr sind, noch Gefahr für das Thier verursachen, indem sie etwa den vollständigen Verschluss verhinderten. Dies Factum scheint zu beweisen, dass Cypridina sich von Phyllopoden abzweigte, deren Augen ebenfalls noch unverschmolzen waren. Andererseits haben die Cladoceren völlig verschmolzene Augen, — noch in höherem Grade als Limnadia, — theilen indessen mit Cypridina die Art der Ei-Lagerung zwischen Rücken und Schale, und die Bildung dorsaler Anhänge in der Mittellinie um die Eier vor dem Hinausfallen zu bewahren. Wir können daraus schliessen, dass die Phyllopoden-Familie, die nach den drei Richtungen sich weiter entwickelte — Limnadia, Daphnia, Cypridina — noch nicht im Besitz der beiden Eigenthümlichkeiten war, da sie sich sonst bei allen drei Abtheilungen gemeinsam zeigen müssten.

Gehen wir nun über zu den beiden anderen Ostracoden-Familien, zu den Cypriden und Cytheriden. Hier liegen die Verhältnisse nun keineswegs so einfach, wie man wohl glauben könnte, wenn beide Familien zusammen mit Cypridina als eine Ordnung betrachtet werden, und man nur darüber unschlüssig ist, ob Cypridina oder Cypris ursprünglicher sei. Trotz scheinbarer Aehnlichkeit ist die Organisation der beiden Familien doch so abweichend von der Cypridina's, dass ich — legte ich überhaupt Gewicht auf die Abtrennung

Digitized by Google

von Ordnungen und Einführung besonderer Namen, — sicherlich für Cypridina einen anderen Ordnungsnamen vorschlagen würde, als für Cypris und Cythere.

Claus hat ungefähr eine ähnliche Meinung, denn er sagt [1]: »Wenn man die Ostracoden in die drei Familien der Cypriden, Cytheriden und Cypridinen unterscheidet, so hat man vor Allem nicht aus dem Auge zu verlieren, dass die Cypridinen von beiden ersteren Gruppen weit mehr als diese unter einander abweichen.« Er giebt dann die Gründe an, die ihn zu dieser Meinung bewegen, — Gründe, denen ich unbedingt beipflichte.

Da ist vor Allem Gewicht auf die Schalenmusculatur zu legen. Während nämlich die Schalenmuskel Cypridina's zwei sich kreuzende Bündel oben an der Schale bilden, zwischen denen das Herz sich findet, die also über dem Darmcanal liegen, sind die Schliessmuskeln bei Cypris und Cythere Gebilde, die unter dem Darmcanal sich vorfinden und den Innenraum des Körpers zwischen Darmcanal und Nervensystem quer durchsetzend, sich an die äussere Schalenlamelle ansetzen. Dieser Unterschied gilt mir für sehr bedeutend, und für um so wichtiger, als wir die Bildung der Musculatur von Cypris und Cythere wiederfinden innerhalb der schaltragenden Phyllopoden, wie z. B. bei Limnadia, während die Befestigung der Cypridinen-Schale ein Analogon bei Apus finden, dessen Schild in ähnlicher Weise mit dem Körper verbunden ist. Mit diesem Vergleich soll keineswegs angedeutet werden, dass etwa Cypridina zu Apus in näheren Beziehungen stände, aber es kann daraus geschlossen werden, dass vielleicht Cypridina und Cypris resp. Cythere nicht von denselben Phyllopoden abstammen. Doch verfolgen wir erst die Organisation der beiden letzteren näher.

Claus sagt: »Abgesehen von der Eigenthümlichkeit in der Anordnung der Schliessmuskeln unterscheiden sich die Cypridinen von den anderen Ostracodenfamilien durch den Besitz eines Herzens, ferner eines paarigen, zusammengesetzten Auges und endlich durch den gesammten Körperbau und die Bildung der Gliedmaassen.«

Da bleibt freilich des Uebereinstimmenden Wenig übrig.

Auf den Mangel des Herzens will ich den geringsten Werth legen, weil bei so kleinen Geschöpfen dies Organ leicht entbehrlich wird, — wie schon oben das Citat aus Fritz Müller's Aufsatz näher ausführt und ich bei der Besprechung der Nauplius-Organisation hervorhob. Schon wichtiger ist der Mangel der zusammengesetzten Augen. Allein auch

---

1) l. c. pag. 144.

Digitized by Google

dieser beweist nichts für oder gegen den directen genealogischen Zusammenhang der beiden Ostracoden-Abtheilungen.

In der Gestaltung der Gliedmaassen dagegen liegen schon wichtigere Anzeichen vor, dass Cypridina wohl weiter von den anderen Ostracoden zu trennen ist, als man gewöhnlich annimmt. Erstlich findet man an dem zweiten Paare keinen Nebenast mehr, — der könnte indess gleichfalls in dem allgemeinen Gange der Rückentwickelung dieser ganzen Familie zu Grunde gegangen sein. Aber die Gestaltung des dritten Paares, der Mandibeln und ihrer Anhänge, scheint definitiv gegen den directen Zusammenhang zu sprechen. Dasselbe ist nämlich noch mit einem deutlichen Schwimmbein versehen, dessen einer Ast eine mit Borsten versehene mehrgliederige Walze darstellt, während der andere als Platte einigermaassen den schwingenden Platten der Phyllopoden-Extremitäten gleicht, aber keinenfalls mit ihnen für homolog zu erachten ist. Er erinnert vielmehr an die Gestalt der Copepoden-Mandibeln. Dann weicht auch die Gestalt der ersten Maxille beträchtlich ab, an der man eine grosse schwingende Platte findet. Die drei folgenden Gliedmaassen sind ganz verschieden von Cypridina's Organisation. Erstlich besitzt dieselbe nur ebenso viel, wenn wir die Putzfüsse hinzurechnen, zweitens sind sie phyllopodenartig d. h. blattförmig und mit schwingender Platte versehen, während Cypris und Cythere erstere zwei, letztere drei walzenförmige Kriechbeine besitzen.

Dann fehlen beiden Cypris und Cythere jede Spur von Kiemen, — als Putzfuss kann dagegen der letzte Kriechfuss gelten, dessen letztes Glied innen gekämmt und mit Härchen versehen ist.

Wesentlich verschieden ist ferner die Gestalt der Pleon-Anhänge, die bei Cypris völlig einem Schreit-Beinpaar gleichen, während sie bei Cypridina noch entschieden als Steuerruder verwerthet und demgemäss auch gestaltet sind.

Grundverschieden ist nun aber die innere Organisation. Sie wirft ein grelles Licht auf die Art und Weise, wie wir gewöhnlich hohe und niedere Organisation beurtheilen. Während nämlich nicht zu leugnen ist, dass die äussere Gestaltung der Cypriden eine niedere ist, — wenn ich mich des Wortes im gang und gäben Sprachgebrauch bediene, — so ist die innere Organisation äusserst mannichfaltig und complicirt, also von hoher Entwickelungsstufe. Man erkennt klar, wie wenig gründlich das gewöhnliche Urtheilen über hohe und niedrige Organisation ist, wenn es darauf zielt, etwas Festes und Absolutes damit auszudrücken. Es wäre gänzlich überflüssig, überhaupt diese Grad-Unterschiede und Werthbeziehungen der verschiedenen Organisationen unter einander

Digitized by Google

vorzunehmen, wenn man sich nicht über ein Grundprincip einigen kann, nach dem die Werthe bemessen werden. Ein philosophisch zu begründendes und halbwegs festes wäre das, welches ich an einer andern Stelle schon anführte[1], dessen Kriterien aus der geringeren oder ausgedehnteren Perception der Aussenwelt hergenommen wurde, welche dem Organismus durch seine Sinnesorgane zugänglich würde. Dies Kriterium mag man benutzen, wenn es sich um Untersuchungen handelt, bei denen noch etwas Anderes gesucht wird als die reine, von allen Nebenbeziehungen abgelöste Morphologie. Diese aber sollte sich des Comparirens füglich enthalten.

Cypris und Cythere lassen uns ein sehr complicirtes Verdauungsrohr erkennen. Es sind in demselben eine Reihe der mannichfaltigsten Apparate zu mechanischer Zerkleinerung der Nahrung vorhanden, ebenso auch vielfache Abstufungen der zu chemischen Einwirkungen tauglichen Organe; ganz besonders abweichend von der Organisation Cypridina's sind die grossen Lebenschläuche, die bei Cypris in den Schalenhälften liegen, ebenso die rechenartigen Kauapparate und Leistenbildungen des Magens.

Was dann ferner die Organisation des Geschlechtsapparates anlangt, so brauche ich nur auf Zenker's[2] vortreffliche Darstellung zu verweisen, die Derselbe mit den Worten einleitet: »Wohl bei wenig anderen Thieren ist der Genitalapparat in gleicher Kraft ausgebildet, wie bei den Ostracoden. Er füllt bei den Cypriden etwa die Hälfte des ganzen Leibes aus und erstreckt sich in alle Theile desselben. Fast das ganze Abdomen ist zu geschlechtlichen Functionen ausgebildet. Auch die Schönheit und bedeutende Grösse der Zoospermien ist ein Zeichen dafür. Bei den Cytheren finden diese Verhältnisse zwar nicht in demselben Grade statt, sind aber doch besonders im weiblichen Geschlechte sehr hervortretend.« Das sieht auch nicht nach niederer Organisation aus. Ob freilich alle Deutungen Zenker's ganz richtig sind, das steht dahin; keinenfalls aber wird dadurch, dass er sich etwa über die Bedeutung dieses oder jenes Apparates täuscht, der Apparat einfacher.

Versuchen wir nun, ob wir die Gestaltung und Bauart der Cypriden und Cytheriden aus demselben Principe entwickeln können, das uns bei der Ableitung des Baues der Cypridina aus den schaltragenden Phyllopoden leitete: aus dem Princip der Verkürzung des Körpers zum Behufe sicherer Umschliessung durch die beiden Schalen.

---

1) Zur Kenntniss der Insecten in den Primärformationen. Palaeontographica XVI, pag. 133.

2) l. c. pag. 42.

Digitized by Google

Vor allen Dingen haben wir es wieder mit Organismen zu thun, die nicht auf Schwimmen angelegt sind, bei denen diese Ortsbewegung nur als secundäres Interesse für das Wirken der Natürlichen Züchtung angesehen werden kann. Bei den Cytheriden begegnen wir in der That einem fast völligen Schwinden des freien Schwimmens, — sie sitzen meist an Tangen und Algen oder im Grunde des Meeres. Bei den Cypriden dagegen begegnen wir noch einigen Arten, die sich munter im Wasser umher tummeln, — aber ihr Schwimmen unterscheidet sich wesentlich von der gleichmässigen, pfeilschnellen und geraden Fortbewegung z. B. der Copepoden, oder der Mysideen. Darauf ist ihr Körperbau gar nicht eingerichtet, er ist ja fast kuglig, und die Schwimmgliedmaassen sitzen zu weit vorn, als dass ein anderes, als ein umher tummelndes Fortbewegen statt haben könnte. Es würde ja gewiss recht wünschenswerth gewesen sein, wenn die Cypriden und Cytheriden auch flinke Schwimmer geworden wären und demgemäss recht tüchtige Schwimmorgane entwickelt hätten, — allein dann hätten sie auch einen gestreckten, cylindrischen Körper bekommen, hätten die Schale aufgeben, — kurz hätten eben aufhören müssen, Ostracoden zu sein, um etwa Copepoden zu werden. So mussten sie, um des Besitzes ihrer Lebensprovinz ja recht sicher und immer sicherer zu werden, ihres Gleichen vor allen Dingen in ihren specifischen Charakteren übertreffen; es mussten also die vermittelnden Formen allmählich unterliegen und die immer einseitiger entwickelten übrig bleiben, — so musste die Kluft zwischen den Stammvätern, den schaltragenden Phyllopoden und den Ostracoden schliesslich so gross werden, dass der Monograph der letzteren, Zenker, gar nichts von einer Verwandtschaft beider Ordnungen hören will [1]). Mit dem Verlust der Schwimmfähigkeit ging nun die Zunahme des Kriechens als ortsbewegender Function Hand in Hand. Hierdurch erklären sich die Verschiedenheiten in der Bildung der Gliedmaassen zwischen Cypridina und den beiden anderen Ordnungen, vor Allem aber die Verschiedenheit der Bildung des Pleon, das bei den letzteren kaum noch als Steuer fungiren könnte, dagegen sehr gut als Klammer- und Kriechfuss zu verwerthen ist. Damit hängt ferner die Färbung der Schalen zusammen, denn während es für die schwimmenden Formen wichtig ist, ihrem Körper möglichste Farblosigkeit und Durchsichtigkeit zu bewahren, ist es umgekehrt für die kriechenden von Vortheil, wenn sie dem Grunde oder den Pflanzen, auf denen sie leben, möglichst ähnlich werden, damit sie von ihren Feinden ebenso wenig, wie von ihrer Beute be-

1) l. c. pag. 114.

merkt werden. Auch ist vielleicht daher der Verlust der zusammengesetzten Augen abzuleiten, welche bei undurchsichtiger Schale werthlos wurden. Schliesslich ist auch auf Rechnung dieser Bestrebungen die geringe Grösse sämmtlicher Ostracoden zu bringen, — denn ebenso wie die Franzosen im Kriege ihre grossen Gestalten eingebüsst haben, sind auch die grossen Ostracoden ihren Feinden eher zum Opfer gefallen als die kleinen, die schliesslich allein zur Nachkommenschaft gelangten, und die Kleinheit in ihren Kindern und Kindeskindern dauernd machten.

Welche Folgerungen ergeben sich nun hieraus für die Frage nach den genealogischen Beziehungen der drei Familien unter sich, und ihren Beziehungen zu den Phyllopoden?

Ich denke, die folgenden. Vor allen Dingen weise ich nochmals die Meinung zurück, als könnten sich die Ostracoden selbstständig, ohne Vermittelung der Zoëa und der Phyllopoden aus dem Nauplius entwickelt haben. Ich weiss wohl, dass die Untersuchungen Claus' über die Entwickelung der Cypriden[1]) allerhand Resultate gefördert haben, welche dieser Meinung Vorschub leisten könnten, — allein das ist nur Schein, wie ich gleich erweisen will.

Die dritte These am Schluss des eben citirten Aufsatzes lautet: »Die jüngste Larvenform ist eine schalentragende Naupliuslarve mit den drei vorderen Gliedmaassenpaaren, von denen das dritte noch nicht Mandibel, sondern Bein ist.« Hieraus könnte geschlossen werden, dass der Nauplius selbstständig zur Schalenbildung geschritten sei. Ich erlaube mir nur das einzige Wörtchen: Wie? als Entgegnung. Durch welche Einwirkungen soll aus der blasenförmigen Haut des Nauplius eine schalenartige Duplicatur hergerichtet werden, die nicht blos etwa nach den Seiten überhängt, sondern durch einen besonderen Muskelapparat, noch dazu unter dem Darm, verbunden und dadurch beweglich wird? Denn, dass man einsieht, diese Schale sei ein Schutzapparat auch für den Nauplius, das überhebt noch lange nicht der Mühe, nun auch nachzuweisen, wie es habe zu einer solchen Bildung kommen können. Nehmen wir an, wir hätten einen gewöhnlichen Nauplius ohne alle Stachelbildung vor uns. Wir lassen seine Körperwand nach den Seiten sich ausbreiten, — vielleicht hilft ihm das beim Schwimmen. Diese Ausbreitungen biegen sich allmählich nach unten, und umschliessen vorn wie hinten den eigentlichen Körper. Nun haben wir die Schale. Die muss aber nothwendig den Nauplius beim Schwimmen hindern.

1) Beiträge zur Kenntniss der Ostracoden. I. Entwickelungsgeschichte von Cypris. Würzburger naturwissenschaftliche Zeitschrift. 1867. pag. 151 ff.

Digitized by Google

So kann sie also nicht bestehen bleiben, wenn sich nicht die Schwimmbeine ändern. Die ändern sich indessen und werden einästig, ja sie geben zum Theil ganz die Schwimmfunction auf. Aber woher der Schliessmuskel? Die Beweglichkeit der Schale war nützlich, folglich musste ein Apparat sich leicht ausbilden können, der sie bewegte. Woher aber dann die grosse Mandibel statt des einfachen Zahnfortsatzes der dritten Nauplius-Extremität? Das war wieder nützlich. Und so waren auch die schwingenden Platten nützlich und alles nützlich, weil es eben da war, und es war da, weil es nützlich war. So können wir freilich schliesslich Alles erweisen, und brauchen uns nicht einmal sonderlich dabei den Kopf zu zerbrechen.

Nein, die Naupliusgestalt mit zweiklappiger Schale ist ein hervorragender Fall von unmittelbarer Zusammenziehung zweier weit von einander entlegener phyletischer Entwickelungsstufen in eine ontogenetische, und das rasche Auftreten der weiteren fertigen und dabei doch mehr oder weniger rudimentären Gebilde, wie die schwingenden Platten, das Pleon etc. sind weitere Beweise dieser Verkürzung. Auffallend ist, dass bei diesen Formen keine Spur von der Zoëa mehr gefunden wird. Ich habe mit der grössten Sorgfalt an Ostracoden-Nauplius, — wenn anders wir überhaupt bei diesem stark veränderten Geschöpf von Nauplius reden dürfen — nach einem Stachelrudiment gesucht, aber vergebens. Es ist eben Alles unterdrückt, Archizoëa, Zoëa die Metamerenbildung der Phyllopoden, — und nur die Schale und die schwingende Platte redet noch deutliches Zeugniss von der ursprünglichen Herkunft dieser kleinsten Crustaceen.

Wenn übrigens im Gegensatz zu Cypridina auf die ungleich intimere Verwandtschaft der Cypriden und Cytheriden hingewiesen wird, so ist dagegen zu bemerken, dass die letztere durchaus nicht so intim ist, als sie scheint. Nicht nur finden sich beträchtliche Unterschiede in der äusseren Körpergestaltung, wie z. B. in der Form der vierten Extremität, sondern auch in der inneren Organisation machen sich wesentliche Abweichungen bemerklich. So besonders bei den Geschlechtsorganen. Auch ist bekannt, dass die Cypriden das süsse Wasser bewohnen, die Cytheriden dagegen das Meer — woraus allein schon eine wichtige Verschiedenheit ihrer Organisation zu erschliessen ist.

Andererseits ist freilich nöthig, darauf hinzuweisen, dass unser Wissen von den Ostracoden noch überaus dürftig ist, dass wir keine Abtheilung der Krebse schlechter kennen als sie, dass also zu erwarten steht, wir werden noch mannichfaltige Aufschlüsse über die genealogischen Fragen erhalten, die sich heute noch nicht geben, auch nicht

Digitized by

einmal mit einiger Sicherheit vermuthen lassen. Dass die Ostracoden mit zu den ältesten Familien der Krebse gehören, lehrt unter anderem auch die Palaeontologie, in deren Katalogen die Ostracoden-Schalen eine wichtige Rolle spielen. Trotz ihres Alters aber sind sie noch heute ein ausserordentlich lebenskräftiger Stamm und besonders regt sich innerhalb der Cypriden und Cytheriden ein reiches Leben, — was sich auch in der raschen Zunahme unserer Artenkenntniss dieser Abtheilungen bethätigt, während im Gegensatz dazu die Phyllopoden das Bild eines zu Grunde gehenden Astes des gemeinsamen Naupliusstammes darstellen, was einmal durch die unvermittelt neben einander existirenden, von einander stark abweichenden Formen bewiesen wird, das andere Mal durch die vielen Anomalieen der Lebensweise, und des Aufenthaltsortes.

(Fortsetzung folgt.)

Digitized by Google

Beiträge zur Kenntniss des Beckens der Vögel.

Eine vergleichend anatomische Untersuchung.

Von

Carl Gegenbaur.

Hierzu Tafel V, VI und VII und 5 Holzschnitte.

Unter den Eigenthümlichkeiten des Skeletes der Vögel nimmt das Becken eine hervorragende Stelle ein, indem es durch die Anzahl, Ausdehnung und Gestalt der in ihm verbundenen Skelettheile ebensosehr von dem gleichnamigen Abschnitte der lebenden Reptilien wie von jenem der Säugethiere unterschieden ist. Die für die Vögel typischen Eigenschaften des Beckens drücken sich ebenso in dem sogenannten Sacralabschnitt der Wirbelsäule wie an den diesem angefügten Hüftbeinstücken aus.

Wenn nun auch die vergleichende Anatomie bezüglich der Beurtheilung dieser Bildungen schon manche Aufgabe glücklich gelöst hat, wie denn die Beziehungen zum Becken der Reptilien in neuerer Zeit von England aus hervorgehoben wurden, so dürfte doch noch eine ganze Reihe von Fragen unbeantwortet sein. Von diesen scheint mir die Erklärung der einzelnen Theile des sacralen Abschnittes die wichtigste, nicht blos weil sich daraus die Beziehungen zu den Beckenbildungen der unteren Classen ergeben müssen, sondern weil damit auch das Verhältniss zu den eigentlichen Beckenknochen, den Hüftbeinen, sich am sichersten herausstellen kann. Insofern die Vergleichung den Nachweis der phylogenetischen Beziehungen zum Endergebnisse hat, wird das Letztere in dem gegebenen Falle um so wichtiger sein, je grösser der Abstand ist, der das Becken der Vögel von jenem anderer Wirbelthiere trennt.

Was nun das sogenannte Os Sacrum, diesen Complex einer grösseren Anzahl von Wirbeln, betrifft, so ist schon vor langer Zeit ein

Digitized by Google

verschiedener Werth der einzelnen Abschnitte behauptet worden. Volcher Coiter [1]) und Vicy d'Azyr [2]) unterschieden einen vorderen Abschnitt des mit den Hüftbeinen sich verbindenden Wirbelcomplexes als Lumbartheil, von einem hinteren eigentlichen Sacraltheile. Auch Tiedemann [3]) lässt die Lendenwirbel »mit dem Kreuzbein zusammengetreten und verwachsen« sein. Ebenso hat Cuvier [4]), der anfänglich mehr das Fehlen eigentlicher Lendenwinkel betonte, später die Verbindung dieser mit dem Sacrum vollständig anerkannt. Dies ist in der Bemerkung: »Wirklich verwachsen die letzten Rückenwirbel, diejenigen, welche Lendenwirbel gewesen wären, und die, welche man eigentlich Kreuzwirbel hätte nennen können, alle unter einander und mit den Darmbeinen«, klar ersichtlich. Diese vorher schon von Meckel [5]) ausgesprochene und näher begründete Auffassung des Sacrum der Vögel unterscheidet also einen eigentlichen Sacraltheil von einem uneigentlichen, nämlich dem Lenden- und dem Brusttheile, und zwar letzteren insofern Rippen an einem Theile der mit dem Sacrum verbundenen Wirbel befestigt sind. Damit wurde also dem Sacrum der Vögel *eine* gegen jenes der lebenden Reptilien sowohl als der Säugethiere bestehende Verschiedenheit zugesprochen, denn weder in das eine noch in das andere gehen unter gewöhnlichen Verhältnissen Wirbel ein, die dem lumbaren Abschnitte der Wirbelsäule angehören. Nach Meckel hat sich Barkow [6]) nicht blos für das Bestehen eines Lumbarwirbelabschnittes im Sacrum der Vögel, sondern auch mit Hinweisung auf die Beziehungen zu dem Geflecht der Lumbar- und Sacralnerven für eine schärfere Sonderung der einzelnen Sacralabschnitte ausgesprochen. Ausser den durch das Tragen von Rippen charakterisirten, ins Sacrum mit eingegangenen Brustwirbeln, unterscheidet Barkow einen vorderen Abschnitt als Lumbartheil und einen hinteren als Sacraltheil, diesen wieder in zwei Stücke, den vorderen Sacraltheil und den hinteren Sacraltheil sondernd. Von diesen ist der erste durch Fehlen der Processus transversi abdominales ausgezeichnet, die vom zweiten oder hinteren Sacraltheil als meist sehr mächtig entwickelt hervorgehoben werden. Barkow deutet damit einen Abschnitt als noch zum Sacraltheil gehörig, der von Meckel als hinterer Abschnitt des Lendentheils angegeben worden war.

---

1) De Avium sceletis. Cap. X.
2) Oeuvres T. V. S. 270.
3) Zoologie. Bd. II. S. 208.
4) Leçons. T. I.
5) System d. vergl. Anat. Bd. II. Th. 2. S. 3 u. 6.
6) Syndesmologie der Vögel. Breslau 1856.

Digitized by Google

In diesen Versuchen im Sacrum durch Aussonderung ursprünglich dem Becken fremder Abschnitte der Wirbelsäule das »eigentliche« dem der anderen Wirbelthiere entsprechende Sacrum aufzufinden, drückt sich ein richtiges Verständniss für die bedeutendste Eigenthümlichkeit des Vogelbeckens aus.

Durch Owen ist die tiefe Bedeutung dieser Verschiedenheit wieder zurückgedrängt worden. In dem umfangreichen Werke über Vergleichende Anatomie der Wirbelthiere [1]) finden wir als Eigenthümlichkeit aller warmblütigen Wirbelthiere die Zusammensetzung des Sacrums aus einer grösseren Anzahl von Wirbeln angeführt. Der Begriff des Sacrums wird dabei auf einen einzigen Wirbel beschränkt, jenen, dessen unterer Bogen vollständig bleibt und das Becken vorstellt. Dies ist der typische Sacralwirbel, während die übrigen mit ihm sich verbindenden nur unvollständige Anhänge (Pleurapophysen) tragen. Indem bei den Vögeln ein grosser Theil der Wirbelsäule zum Sacrum umgewandelt wird, steigt nach Owen das bei den Säugethieren bestehende Verhältniss bei den Vögeln zu seinem Extrem. Durch die Zusammenstellung des Vogelbeckens mit jenem der Säugethiere giebt Owen die Verknüpfung mit niederen Zuständen auf, und wenn auch Ein Sacralwirbel als typischer Wirbel aufgestellt wird, so ist doch nirgends in der specielleren Ausführung der Versuch gemacht, denselben in diesem »complicirtesten aller zusammengesetzten Knochen« aufzufinden.

Für eine streng methodische Vergleichung des Vogelbeckens mit jenem anderer Wirbelthiere ist der Nachweis der ursprünglichen, durch Vererbung von niederen Abtheilungen erhaltenen Sacralwirbel, und die Scheidung dieser Theile von den durch Umwandlungen, vorzüglich durch Längswachsthum der Hüftknochen in den Bereich des Beckens gezogenen Abschnitte der Wirbelsäule, erstes Postulat. Zu dieser Vergleichung des Sacrums der Vögel mit jenem der Reptilien hat Huxley [2]) Schritte gethan, wobei er vorzüglich durch das Verhalten der Nervenwurzeln sich leiten liess. Er sagt hierüber Folgendes: »Obgleich alle Vögel ein ausnehmend ausgedehntes Sacrum besitzen, so sind doch die Wirbel, durch deren Intervertebrallöcher die Wurzeln des Sacralgeflechtes (und folglich auch des N. ischiadicus) treten, nicht mit ausgedehnten Rippen versehen, welche sich mit ihren äusseren Enden gegen das Ilium und mit ihren inneren Enden gegen die Körper dieser Wirbel stützen.« »Bei den lebenden Reptilien, welche wohl entwickelte Hintergliedmaassen besitzen, sind die Zwischenwirbellöcher, durch welche die Wurzeln

1) On the anatomy of Vertebrates. vol. II. S. 29.
2) Proceedings of the zoology Soc. London 1867. S. 416.

Digitized by

des Ischiadicus treten, ganz oder theilweise von Wirbeln begrenzt, welche starke und ausgedehnte Rippen tragen, und diese Rippen sind in grösserer oder geringerer Ausdehnung einerseits mit den Wirbelkörpern, andrerseits mit den Darmbeinen in Verbindung. Die in Rede stehenden Wirbel bilden, gewöhnlich zu zweien, das Sacrum. Bei den Vögeln senden die Bogen der Wirbel, welche jenen durch ihre Beziehung zu Nerven entsprechen (und deshalb auch als »Sacralwirbel« zu bestimmen sind), verhältnissmässig schwache Querfortsätze ab, die jenen zu entsprechen scheinen, welche in der Dorsalregion sich mit den Rippenhöckern verbinden. Durch diese Querfortsätze allein sind sie mit den Darmbeinen in Verbindung.«

Huxley deutet also den der vorderen Querfortsatzschenkel entbehrenden Sacralabschnitt als Sacrum, statuirt also, da dieser Abschnitt mehr als zwei Wirbel begreift, eine Verschiedenheit gegen das Sacrum der lebenden Reptilien. Die Voraussetzung eines phylogenetischen Zusammenhangs zwingt aber wenigstens zum Versuche, die in den unteren Abtheilungen bestehenden und dort verbreiteten Sacralwirbel aufzudecken und dann nachzuweisen, welche Wirbel zu diesen hinzutretend die Zahl der Sacralwirbel erhöhen.

Die Anzahl dieser zu suchenden Wirbel wird eine geringe sein, in Anbetracht der zwei Sacralwirbel, welche im Becken der lebenden Reptilien bestehen und sich zumeist bei den Säugethieren vorfinden, wenn auch bei diesen noch eine Anzahl Caudalwirbel mit den vorerwähnten zu einem complicirten Skeletstücke, das den Namen Os Sacrum trägt, sich verbindet. Von diesen zwei ächten Sacralwirbeln ist meist einer, und zwar in der Regel der vorderste, bedeutender entwickelt, und bei Säugethieren ist nicht selten der zweite nur theilweise an der Darmbeinverbindung betheiligt, so dass daraus auf ein weiter zurückliegendes Bestehen nur Eines Sacralwirbels, wie ihn die Amphibien besitzen, geschlossen werden darf. Ohne dieses Verhalten ganz bei Seite zu setzen, soll doch das bei Reptilien bestehende, wenn es auch relativ nur in secundärer Art, weil durch Beitritt eines ursprünglich dem Becken nicht zugehörigen Wirbels entstanden sein wird, hier vorzüglich berücksichtigt werden. Die Voraussetzung dieser Zahl für das Sacrum der Vögel wird durch die Thatsache des Bestehens eines wirbelreicheren Sacrums bei einer Abtheilung fossiler Reptilien nicht zurückweisbar, denn jener Abtheilung, wie Huxley sie als Vorläufer des Vogeltypus umschliessend begrenzte, kommen auch in anderen Beziehungen Skeleteinrichtungen zu, welche auf die Vögel verweisen, und damit treten diese Formen um ebensoviel aus dem indifferenteren Zustande heraus. Was das Becken betrifft, so dürfte für manche von

Digitized by Google

ihnen dasselbe Postulat gelten, welches vorhin für die Vögel aufgestellt ward.

Für den Nachweis der problematischen primitiven Sacralwirbel können mehrfache Wege eingeschlagen werden. Zunächst kann aus einer genauen Prüfung des Sacraltheils im Zusammenhalte mit den Darmbeinen eine Reihe von Anhaltepunkten für die vergleichende Beurtheilung gewonnen werden. Diese werden eine wichtige Stütze finden in den Beziehungen zu den bezüglichen Nerven, und endlich wird auch die Entwickelungsgeschichte nicht unberücksichtigt bleiben dürfen, insofern frühere Stadien die Anschlüsse an die Zustände niederer Abtheilungen leichter erkennen lassen.

Demzufolge theile ich diese Arbeit in die das Material prüfende Untersuchung und in die darauf sich stützende Vergleichung, welche durch embryologische Nachweise verstärkt werden soll.

I. Untersuchung.

Obgleich die beiden seitlichen Knochen des Beckens bei einer Prüfung des Sacraltheiles der Wirbelsäule nicht ausser Acht bleiben können, so ist mein Augenmerk doch vorzüglich auf das Sacrum gerichtet, da die Lösung der gestellten Frage nur in diesem Theile gesucht werden kann. Von den Seitentheilen, besonders den Darmbeinstücken, werden daher nur einige Verhältnisse berücksichtigt, und zwar solche, die bei den meisten der bisherigen Ausführungen weniger in Betracht kamen. Der Ausdehnung der Untersuchung setzte das disponible Material in manchen Abtheilungen eine etwas enge Schranke.

Untersuchen wir den Sacraltheil eines Vogelbeckens, so ergeben sich mindestens drei Abschnitte, die nicht selten sogar in sechs sich zerlegen lassen, jeder wieder aus mehreren einzelnen Wirbeln zusammengesetzt. Meckel und Barkow haben die drei Theile bereits hinreichend genau charakterisirt, wenn sie auch den mittleren Abschnitt sehr verschieden beurtheilten. Der vorderste Abschnitt besteht aus Wirbeln, welche durch die bedeutende Entwickelung von Querfortsätzen ausgezeichnet sind; die ersten dieser Wirbel tragen Rippen, die entweder nur mit Capitulum und Tuberculum oder nur mit dem letzteren articuliren. Im letzteren Falle fehlt der Rippenhals. Die Zahl dieser Wirbel erscheint am höchsten bei den Struthionen; bei Dromaeus zählte ich acht, bei einem Exemplar von Struthio ebensoviel, bei einem anderen dagegen neun. Dabei ist ein Brustwirbel nicht mitgerechnet, der bei Dromaeus zum Theil, bei Struthio ganz von den Darmbeinen überragt wird, ohne jedoch mit ihnen zu verwachsen. Der erste dieser

Digitized by Google

Wirbel trägt bei Dromaeus eine bewegliche, Capitulum und Tuberculum bietende (Fig. I, 10) Rippe; der folgende zeigt an seinem Querfortsatz eine Gelenkfacette für Rippentuberculum. Der breite, vom Körper, nicht, wie der vorhergehende, vom Bogen des Wirbels, entspringende Querfortsatz bietet gleiche Lagerung mit dem Halse der vorgehenden Rippe, und so verhalten sich auch die an Umfang allmählich abnehmenden Querfortsätze der übrigen Wirbel dieses Abschnittes. Nur die beiden letzten bei Dromaeus, welche wie die drei letzten bei Struthio unmittelbar an den Pfannentheil des Beckens stossen, sind wieder durch grössere Stärke ausgezeichnet. Sie sind bei Struthio von beträchtlicher Kürze, so dass dieser Theil des Sacrums der schmalste ist. Dass diese von vorne leicht unterscheidbaren Fortsätze keine ächten Querfortsätze sind, homodynam mit jenen, die an den ersten Wirbeln dieses Abschnittes ansehnliche Rippen tragen, möchte man bei Struthio annehmen. Die betreffenden Wirbel bieten ausser jenen fraglichen Fortsätzen noch andere, die schlank gestaltet und schräg aufwärts gegen die Darmbeine gerichtet sind, die sie jedoch nur theilweise erreichen. Ein Blick durch das grosse, membranös geschlossene Loch im Pfannengrund zeigt diese Fortsätze, und lässt an ihnen sowohl gleichen Ursprung, als auch gleiche Lagerung mit jenen erkennen, die weiter oben Rippen tragen. Jene letzten Wirbel des behandelten Abschnittes tragen also zweierlei laterale Fortsätze (Querfortsätze der Autoren, Diapophysen die oberen, Pleurapophysen die unteren nach Owen), von denen aber nur die oberen dorsalen (Processus transversi superiores) mit den Querfortsätzen der vorderen rippentragenden Wirbel homodynam sind, indess die unteren ventralen bei der vorderen Beckenansicht sich sogleich darstellenden Fortsätze (Processus transversi inferiores) durch die Vergleichung sich Rippentheilen ähnlich verhalten. Sie verlieren diesen Charakter umsomehr, je weiter sie nach hinten stehen.

Der folgende Abschnitt besteht bei Struthio aus einem oder zwei, bei Dromaeus aus drei, durch sehr niedrige Körperstücke ausgezeichnete Wirbel (Fig. I, 1, 2, 3). Sie besitzen nur die dorsalen Schenkel der Querfortsätze. Der erste Wirbel ist bei einem Exemplar von Struthio noch mit einer ansehnlichen Spur eines ventralen Schenkels versehen, der gegen den Pfannentheil des Sitzbeins gerichtet und durch ein Ligament demselben verbunden ist, bei einem anderen Exemplar finde ich ihn in einem den Wirbeln der vorhergehenden Gruppe gleichen Verhalten. Die dorsalen Querfortsatzschenkel sind mit jenen der nächst vorhergehenden Wirbel völlig gleich, und ebenso verhalten sich die Dornfortsätze, welche entsprechend schmaler und mit den vorhergehenden zu einer dünnen Leiste verwachsen sind. Während die Verwachsung

Digitized by Google

der Dornfortsätze mit den Darmbeinen bei Struthio an den Enden der ersteren stattfindet, ist bei Dromaeus durch die Verwachsung der Seitenränder der Dornfortsätze mit den Darmbeinen eine bedeutende Modification eingetreten, welche die Dornfortsätze in querstehende, spongiös gebaute Lamellen umwandelt.

Als einen ferneren Abschnitt unterscheide ich am Becken der Struthionen mehrere von vorne nach hinten an Umfang des Körpers wie an Ausdehnung der Fortsätze zunehmende Wirbel, welche bei Struthio dadurch sich auszeichnen, dass sie die ventralen Schenkel ihrer Querfortsätze unter einander zu einer mächtigen, den hinteren Abschnitt des Acetabulums stützenden Knochenmasse verschmolzen zeigen. Der letzte dieser vier Wirbel vermittelt den Uebergang zu den nachfolgenden, der letzten Abtheilung, der er bei dem einen Exemplar offenbar angehört, so dass wohl nur drei Wirbel hier in Betracht kommen. Am ersten und zweiten dieser Wirbel sind die unteren Schenkel schlank, das von ihnen umschlossene foramen intertransversarium ist schmal. Ebenso verhalten sich diese beiden ersten Wirbel bei Dromaeus (Fig. I, *a*, *b*), doch scheint es, als ob hier der letzte Wirbel des vorhergehenden Abschnittes noch hieher bezogen werden könne, da er, wenigstens an dem mir vorliegenden Exemplare, einen dünnen, wenn auch die Pfanne nicht erreichenden Querfortsatz entsendet, gegen welchen von der Pfanne her ein Knochenzäckchen gerichtet ist. Ueber den Werth dieses Verhaltens kann erst durch Vergleichung einer grösseren Anzahl von Exemplaren entschieden werden. Ich will diese Wirbel daher vorläufig als acetabulare Wirbel bezeichnen. Am Ausgeprägtesten erscheint das Verhalten der Acetabularwirbel bei jungen Thieren, wie aus der von Huxley[1]) gegebenen Darstellung des Sacrums eines jungen Strausses erhellt. Von drei Acetabularwirbeln sind die terminalen Enden der ventralen Querfortsatzschenkel zweier untereinander verschmolzen, während der des dritten, obschon sehr ansehnlich, sich dem verschmolzenen Theile nur anzulagern scheint. Ich sehe darin eine Bestätigung der Auffassung, die an dem Becken erwachsener Thiere gewonnen wird.

Die folgenden Wirbel sind, wie schon bemerkt, durch keine scharfe Grenze von den acetabularen geschieden. Es sind bei dem einen Exemplare sieben, bei dem andern acht Wirbel, je nachdem die Acetabulargruppe aus vieren oder nur aus dreien besteht. Neun zähle ich bei Dromaeus. Die Wirbel dieser letzten Gruppe zeigen die Querfortsätze

---

1) Huxley and Hawkins, An Elementary Atlas of Comparative Osteology. London 1864. Pl. VI. Fig. VI *a*.

nur durch einfache Schenkel vertreten, welche bei Struthio nach hinten zu sich allmählich verkürzen, bei Dromaeus schon vorne sehr kurz sind, aber sich ansehnlich verbreitern. Der Uebergang dieses letzten Abschnittes des Sacrums in den freien Caudalabschnitt der Wirbelsäule ist leicht zu verstehen.

Sowohl durch die Kürze der Querfortsätze sämmtlicher Sacralwirbel, als auch durch die fast senkrechte Stellung der Darmbeine kommt es bei den Struthionen an der Bauchfläche des Beckens zu keiner Grubenbildung. Diese ist dagegen bei Apteryx schon vorhanden, da hier die Querfortsätze besonders in der acetabularen Region mehr entwickelt sind. Da aber bei Apteryx die Darmbeine in ihrer äusseren Gestaltung noch ganz mit jenen der Struthionen übereinstimmen, darf im Becken von Apteryx ein vermittelndes Glied von den Ratiten zu den Carinaten erkannt werden.

Mit der geringen Breite der Beckenhöhle steht in Zusammenhang das Verhalten der dorsalen Beckenoberfläche. Der präacetabulare Theil der Darmbeine schliesst über den Dornfortsätzen der bezüglichen Beckenwirbel zu einer starken medianen Crista zusammen. Etwas vor dem Acetabulum lassen die Darmbeine bei Rhea eine Anzahl von Dornfortsatzenden in Gestalt einer lanzettförmig gestalteten Fläche zwischen sich zur Oberfläche treten, um dahinter sich wieder gegen eine schmale mediane Rinne zu vereinigen. Bei Struthio erstreckt sich der zwischen den Darmbeinen zum Vorschein kommende Theil des Sacrums in ziemlich gleicher Breite längs des ganzen postacetabularen Darmbeinstückes, ebenso bei Dromaeus, wo er durch ansehnliche Breite ausgezeichnet ist. Am hintern Ende besitzt das Darmbein einen ventral und lateral gekrümmten Fortsatz, der gegen das Sitzbein gerichtet ist. Wo, wie bei Struthio, keine Verwachsung mit dem Sitzbeine besteht, ist dieser Fortsatz besonders deutlich. Ich will ihn als Spina ilio-caudalis bezeichnen und den zwischen den beiden gelegenen, die Caudalwirbelsäule austreten lassenden Ausschnitt als Incisura ilio-caudalis. Je nach der Anzahl der im Sacrum übergegangenen Caudalwirbel ist die Incisur tiefer oder flacher. Von der Spina aus verfolgt man gegen den dorsalen Theil eine rauhe Linie. Sie ist bei Dromaeus gleich am Anfange, etwa in der Höhe des vorletzten Beckenwirbels, durch einen stumpfen, nicht sehr starken Höcker (Processus ilio-lateralis) unterbrochen. Die Linie (Linea ilio-lateralis) bezeichnet von da an fast den dorsalen Rand des postacetabularen Darmbeinstückes, biegt aber noch hinter der Pfanne seitwärts und verläuft auf die Fläche des Darmbeins, wo sie auf einen starken, etwas hinter und über der Pfanne gelegenen Vorsprung (Processus acetabularis) tritt und von dessen Spitze aus

Digitized by Google

wieder median verlaufend als linea ilio-dorsalis zum dorsalen Rande des präacetabularen Darmbeinstückes sich fortsetzt. Diese Linie grenzt am Processus acetabularis einen kleinen Theil der Darmbeinfläche dorsal ab, und wenn wir damit Struthio vergleichen, finden wir die Linie noch weiter lateral gerückt, so dass vom ganzen postacetabularen Theile des Darmbeins ein im Vergleiche mit Dromaeus breites Stück der dorsalen Beckenoberfläche umgrenzt wird. Diese Linie scheidet also den postacetabularen Theil des Darmbeins in einen dorsalen und lateralen Abschnitt, und indem sie bei Dromaeus mit dem grössten Theile des medialen Darmbeinrandes zusammenfällt, fehlt die Area dorsalis des postacetabularen Iliums fast in der ganzen Länge. Sie besteht eigentlich nur über dem erwähnten Acetabularfortsatz.

Vom Becken der Struthionen ist jenes von Apteryx [1]) in mehrfachen Punkten abweichend, von denen ich nur die für die Zwecke dieser Abhandlung wichtigen hervorheben will. In dieser Hinsicht möchte ich betonen, dass die Sonderung der einzelnen Abschnitte des Sacrums schärfer und damit vollständiger ist als bei andern Ratiten, und dass vor Allem zwei durch starke und ventrale Querfortsätze ausgezeichnete Wirbel bemerkbar sind (vergl. OWEN l. c. Pl. 55. Fig. 1), welche in ähnlicher Weise wie bei den meisten Carinaten sich verhalten. Sie nehmen eine postacetabulare Stellung ein. Auch der zunächst vor ihnen liegende, nach OWEN aus vier Wirbeln bestehende Abschnitt ist ansehnlicher und stimmt darin vielmehr mit dem gleichen Theile der Carinaten als mit jenem der Struthionen überein. Endlich kann die hinter den beiden »Acetabularwirbeln« folgende, im Vergleiche mit den Struthionen viel geringere Wirbelzahl in gleicher Weise gedeutet werden. Die Wichtigkeit des Verhaltens der beiden Acetabularwirbel erscheint mir deshalb bedeutend, weil dadurch unter den Ratiten ein Verhältniss repräsentirt wird, das bei den übrigen nicht so leicht erkennbar ist. Da die Querfortsätze dieser beiden Wirbel »immediatly behind the acetabulum« an die Hüftbeine treten, scheint kein Bedenken zu bestehen, diese Wirbel denjenigen der Carinaten für homolog zu erachten, welche ich im weiteren Verlaufe dieser Untersuchung in gleichem Verhalten nachzuweisen im Stande bin.

Mit dem Verhalten des Beckens stimmen im Wesentlichsten auch die Carinaten überein. Vier oder fünf Wirbel bilden den ersten Abschnitt des Sacraltheils bei den hühnerartigen Vögeln (Alectoromorphae, HUXLEY), der Körper des ersten der fünf Wirbel erhält sich beim Haushuhn (Fig. II, 9) längere Zeit unverschmolzen. An ihm arti-

1) OWEN, Transact. of Zoolog. Soc. London, Vol. II. Part IV.

Digitized by Google

culirt eine Rippe, die mit dem Tuberculum dem Querfortsatz ansitzt. Der folgende Wirbel zeigt bald einseitig, bald beiderseitig die doppelte Rippenverbindung. Zuweilen finde ich den Hals der Rippe rudimentär, so dass die Rippe erst vom Tuberculum an massiver ist, zuweilen fehlt der Hals gänzlich und die Rippe beginnt erst am Querfortsatz des Wirbels. Die nächsten drei Wirbel fand ich niemals freie Rippen tragend, dagegen ist der Querfortsatz des dritten mehr, der des vierten senkrecht verbreitert und der des fünften wieder durch zwei Fortsätze repräsentirt, von denen der ventrale der massivste ist. Phasianus colchicus und Perdrix cinerea schliessen sich hierin an. Bei Meleagris (M. gallopavo) besteht der fragliche Abschnitt nur aus vier Wirbeln, von denen der erste eine vollständige Rippe trägt. Ebenso finde ich es bei Tetrao urogallus und tetrix.

Die folgenden Querfortsätze sind sehr hoch und bieten bei Tetr. tetrix Durchbohrungen dar, an deren Stelle bei T. urogallus tiefe, von oben, resp. von vorne her eingesenkte Gruben sich finden. Am vierten Wirbel ist der Querfortsatz bei Tetrao urogallus (Fig. III, 6) bedeutend verbreitert und der dorsale schwächere Theil ist mit dem stärkeren ventralen nur durch eine dünnere Knochenplatte verbunden, die mehrfach durchlöchert ist. Bei T. tetrix ist die Durchbohrung an allen drei Wirbeln (Fig. IV, 7, 8, 9) und am letzten, dem vierten (6), erscheint die Sonderung des Querfortsatzes als eine vollständige. Bemerkenswerth ist noch, dass auch der erste, rippentragende Wirbel jederseits ein foramen transversarium besitzt, so dass man die an den Querfortsätzen der folgenden Wirbel erscheinende Sonderung in zwei Schenkel als eine Weiterbildung dieses Verhaltens deuten könnte. Bei Pavo cristatus finde ich nur unbedeutende Abweichungen von dem, was für Tetrao und Meleagris angeführt ward.

An die letzteren reiht sich Crax (C. alector) an. Der erste der vier Wirbel trägt am Querfortsatz eine Rippe, der Querfortsatz des dritten ist beträchtlich hoch und trägt Spuren einer Theilung in zwei Schenkel, welche am vierten völlig gesondert sind.

In der Richtung der Querfortsätze resp. deren vorderer Schenkel ergiebt sich für die erwähnten Gattungen das Eigenthümliche, dass bei jenen, die im berührten Abschnitte des Sacrums 5 Wirbel besitzen (Gallus, Phasianus, Perdrix), der Querfortsatz des dritten Wirbels (7) stark vorwärts geneigt ist, und der des vierten (6) und fünften (5) wagrecht steht, indess bei den mit nur vier jener Wirbel versehenen Gattungen (Tetrao, Meleagris, Pavo, Crax) nur der vierte Wirbel wagrechte Querfortsätze besitzt, und die schräge Richtung den Querfortsätzen des

Digitized by Google

dritten (am deutlichsten bei Tetrao) theilweise auch jenen des zweiten Wirbels zukommt.

Im zweiten Sacralabschnitte, in welchem allgemein nur Wirbel mit einfachem dorsalem, aufwärts gerichtetem Querfortsatze vorkommen, finden sich bei Tetrao (Fig. III u. IV, 5, 4, 3, 2, 1), Meleagris und Pavo fünf, bei Gallus (Fig. II, 4, 3, 2, 1), Perdrix und Crax (Fig. V, 4, 3, 2, 1) vier, bei Phasianus scheinen deren sechs zu bestehen, doch wird der letzte oder die beiden letzten zur nächsten Gruppe bezogen werden dürfen, wie nachher dargelegt werden soll. An diesem Abschnitte sind die Wirbelkörper am breitesten, aber auch am dünnsten, so dass der Rückgratcanal hier die ansehnlichste Ausdehnung besitzt (vergl. Fig. VI). Die Querfortsätze dieser Wirbel verschmelzen vor ihren zu den Darmbeinen tretenden Enden unter einander zu einer dünnen Knochenplatte, nur nahe an ihren Wurzeln eine Oeffnung lassend. An den breiten Becken der Tetraonen ist das am meisten ausgeprägt. Durch das Fehlen der vorderen Querfortsatzschenkel wird der zwischen Wirbelkörpern und dem präacetabularen Darmbeintheile befindliche Raum in eine tiefe Grube verwandelt (fovea iliaca anterior, von Barkow als fovea secunda oder f. ischiadica unterschieden), der Querfortsatz des ersten Acetabularwirbels grenzt sie von der fovea iliaca post. ab[1]). Der übrige Abschnitt des Sacrums kann wieder in mehrere Gruppen von Wirbeln zerlegt werden, wenn diese auch nicht in allen Fällen gleich deutlich sind. Er besteht bei Gallus aus acht, bei Tetrao und Crax aus sieben, bei Meleagris und Perdrix aus sechs Wirbeln.

Die erste Gruppe bilden zwei Wirbel, welche an ihren Querfortsätzen doppelte Schenkel besitzen. Die sehr verbreiterten Enden dieser Fortsätze verschmelzen unter einander. Wenn ähnliches auch an den folgenden Wirbeln für die daselbst einfachen Querfortsätze vorkommt, so ist es doch bei ersteren Wirbeln viel auffälliger, z. B. bei Crax (Fig. V *a*, *b*), Tetrao urogallus (Fig. III *a*, *b*). Diese beiden Wirbel stützen den acetabularen Theil des Beckens (resp. Darmbeins), sie erscheinen homolog den vorhin bei den Struthionen unterschiedenen Acetabularwirbeln. Bei Crax liegt das Ende der bezüglichen Fortsätze dicht hinter dem Acetabulum, ebenso bei Tetrao urogallus. Bei T. tetrix, Perdrix und Meleagris findet es sich mit dem Acetabulum

1) Ich habe von der durch die Priorität berechtigten Barkow'schen Bezeichnung deshalb absehen müssen, weil jene Bezeichnung, die nicht nach dem Os ischii, sondern nach dem Plexus ischiadicus, der in diesem Abschnitte lagert, gewählt ist, nicht für alle Fälle passt. Auch die Bezeichnung »Fovea renalis« musste vermieden werden.

Digitized by Google

in der Höhe einer und derselben Querlinie. Der diesen Querfortsätzen sich verbindende Darmbeintheil ist massiver, als benachbarte Stellen dieses Knochens. Die hinter diesen Wirbeln die ventrale Fläche des Iliums einnehmende Grube (Fossa iliaca posterior, Fig. *i*, *p*) zieht sich unter die Querfortsatzanfügung in eine kleine Höhle (Recessus iliacus anterior) nach vorn aus (Fig. V, *ra*). Der Intertransversalraum dieser beiden acetabularen Wirbel ist bei Tetrao urogallus auffallend schmaler als jener der folgenden, bei Crax ist er kürzer. Weniger deutlich sind beiderlei Verhältnisse bei T. tetrix (Fig. IV) bemerkbar, wo die Acetabularwirbel nur durch die bedeutendere Verschmelzung ihrer Querfortsatzenden sich auszeichnen. Die Assimilirung mit den folgenden ist auch durch die Verschmelzung des ventralen Schenkels mit dem dorsalen am zweiten Wirbel ausgeprägt. Einen Schritt hiezu bemerkt man schon bei T. urogallus, bei dem das Foramen transversarium des zweiten Acetabularwirbels viel weniger beträchtlich als am ersten ist. Aehnlich verhält es sich bei Crax. Es drückt sich also hier eine Verwischung der Eigenthümlichkeiten aus, die wir oben als charakteristisch aufführten. In andrer Weise zeigt sich das beim Huhn. An einem Becken finde ich die Acetabularwirbel sehr deutlich unterscheidbar. Die gleichlangen Querfortsätze beider Wirbel überragen um merkliches die Querfortsätze der folgenden Wirbel, aber jene des ersten Acetabularwirbels sind bedeutend schlanker als die mächtigen Fortsätze des zweiten. Bei einem anderen Becken fehlen sie, d. h. die ventralen Schenkel, um die es sich hier allein handelt, gänzlich, und die hinteren Schenkel verhalten sich jenen des vorhergehenden Wirbels so ähnlich, dass man dem bezüglichen präacetabularen Abschnitte fünf Wirbel zusprechen kann. Da sonst nur vier sich finden, hat sich jener präacetabulare Abschnitt auf Kosten des acetabularen um einen Wirbel vergrössert. Dieses Verhältniss wird durch den Befund eines dritten Beckens bestätigt, wo das Verhalten der Querfortsätze der Wirbel auf der einen Seite vier, auf der andern Seite fünf Präacetabularwirbel unterscheiden lässt. Linkerseits ist nämlich der erste und zweite Acetabularwirbel deutlich am Verhalten der Querfortsätze erkennbar. Der des ersten ist sogar im Gegensatze zum zuerst beschriebenen Becken stärker als jener des zweiten, aber auf der rechten Seite ist er rudimentär, indem er nur durch ein dünnes, kurzes, vom Wirbelkörper ausgehendes Knochenstückchen repräsentirt wird, dem ein ähnliches vom Ende des dorsalen Querfortsatzes ausgehendes entgegengerichtet ist. Auf derselben Seite ist dafür der Querfortsatz des zweiten Acetabularwirbels mächtiger als der anderseitige, der mehr jenem der folgenden Wirbel entspricht. Die Gründe, weshalb ich bei Gallus

Digitized by Google

Wirbel als acetabulare deute, welche die geforderten Charaktere gar nicht oder unvollständig besitzen, erhellen aus der Vergleichung mit dem Sacrum der anderen hühnerartigen Vögel zur Genüge. Fernere Belege werden im zweiten Theile dieser Abhandlung beigebracht werden. Die Acetabularwirbel gehen also theils in die präacetabularen über, theils in die postacetabularen, dies geschieht durch das Aufgeben mancher Besonderheiten und durch die Annahme von Eigenthümlichkeiten anderer Wirbelgruppen. Ebenso nehmen aber auch einzelne Wirbel der letzteren die Eigenthümlichkeiten der Acetabularwirbel an, wie sich zunächst in der an manchen Becken stattfindenden Durchbohrung postacetabularer Querfortsatzschenkel ausspricht.

Diese an mehreren Becken gezeigte Veränderlichkeit im Verhalten einzelner Wirbel erschwert die Feststellung der Homologieen, so dass aus dem Befunde der Wirbel nicht stets ein sicherer Schluss auf deren morphologischen Werth gezogen werden kann, dies gilt von hühnerartigen Vögeln für Pavo und Meleagris, welche beide zwar zwei sehr ansehnliche Acetabularwirbel zu besitzen scheinen, aber nicht mit der oben postulirten Eigenthümlichkeit der Verwachsung ihrer Querfortsätze. Nach dem Befunde am Becken von Gallus bleibt die Möglichkeit offen, dass der letzte der vorhergehenden Wirbel aus einem rückgebildeten Acetabularwirbel hervorging.

Der postacetabulare Abschnitt des Sacrums wird im Allgemeinen aus weniger scharf von einander differenzirten Wirbeln zusammengesetzt, als die vorhergehenden. Die Querfortsätze sind entweder allgemein, oder doch am hinteren Abschnitt einfach, der ganze Charakter der Wirbel nähert sich mehr jenem der Caudalwirbel, zu welchen ein allmählicher Uebergang stattfindet. Die breit geendigten, mit dem hintern Abschnitte des Darmbeins sich verbindenden Querfortsätze dieser Wirbel verschmelzen entweder mit den Dornfortsätzen in eine dorsale Platte, oder sie bilden nur laterale Knochenplatten, welche einen die verschmolzenen kurzen Dornfortsätze und foramina intertransversaria sichtbar lassenden Raum zwischen sich fassen. Letzteres ist der Fall bei Meleagris und Pavo. Ersteres treffe ich bei Gallus, Phasianus, Tetrao und Perdrix. Daran reiht sich auch Crax.

Die Gleichartigkeit der Postacetabularwirbel ist jedoch nicht so bedeutend, dass auch hier nicht wieder mehrere Gruppen unterschieden werden könnten. Die den Acetabularwirbeln zunächst folgenden tragen mehr den Charakter der letzteren, die letzten ins Sacrum eingegangenen Wirbel erscheinen dagegen mehr den wahren Caudalwirbeln gleich. Sie sind ausgezeichnet durch sehr starke Querfortsätze, mit denen sie gegen den hintersten Abschnitt des Darmbeins stehen. Die innere

Digitized by Google

oder ventrale Fläche dieses Abschnittes ist durch eine stark vorragende Querleiste ausgezeichnet, welche lateral bis zum Ischium sich erstreckt, bis zur Umgrenzung des Foramen ischiadicum. Sie soll nach ihren beiden Endestellen als Ischiosacralleiste des Iliums unterschieden werden. Durch diesen Vorsprung wird eine auf der Ventralfläche des Iliums befindliche Grube abgegrenzt, in welche der hintere Nierenlappen sich einbettet. Diese Fossa iliaca posterior (Fovea tertia nach Barkow) erstreckt sich bei allen von mir untersuchten hühnerartigen Vögeln (auch bei Crax) über die vorerwähnte Querleiste hinweg in eine blindgeendete Höhlung (Recessus iliacus posterior Fig. I, II, IV, V *rp*). Am wenigsten tief, dagegen am breitesten ist sie bei Tetrao, wo hinter der Querleiste noch eine flache, gleichfalls vom Darmbein gebildete Vertiefung (Fig. IV *m*) liegt. Einige Canäle bilden eine Communication zwischen dieser flachen Grube und der Fossa iliaca posterior, lassen dadurch die Ischiosacralleiste als einen brückenartigen Vorsprung erscheinen. Das sacrale Ende dieser Leiste nimmt bei Gallus 2—3 Wirbel (Fig. II, 4′, 5′) auf. In beiden Fällen bestehen vor diesen noch drei postacetabulare Wirbel. Fünf postacetabulare Wirbel, davon zwei der Fossa iliaca posterior, drei der Ischiosacralleiste entsprechen, finde ich bei Tetrao (Fig. IV). Bei einem zweiten Skelete von T. urogallus scheint ein im Körper noch unverschmolzener sechster Wirbel durch Verwachsung seiner Querfortsätze aus dem caudalen Abschnitte in den postacetabularen Sacraltheil einzugehen. Bei Pavo und Meleagris sind je zwei Wirbel mit der Ischiosacralleiste und der Fossa iliaca verbunden. Zwei gegen die Grube und drei gegen die Ischiosacralleiste gerichtete Wirbel besitzt der postacetabulare Abschnitt bei Perdrix. Crax schliesst sich in diesem Verhalten an Gallus an.

Die Richtigkeit der Vergleichung der einzelnen Abschnitte des Beckens bei den vorgeführten Gattungen bestätigt sich aus der übereinstimmenden Gesammtzahl sämmtlicher vor dem acetabularen Abschnitte des Sacrums liegenden Wirbel. Sie beträgt 29 bei Gallus und Meleagris wie bei Tetrao und Pavo. Wenn sie bei Phasianus um einen höher steigt, so kann der Grund hiefür in der wenig sicheren Bestimmbarkeit des kritischen Abschnittes des Sacrums liegen, deren bereits oben gedacht ward.

Bei den Tauben treten im Becken sehr nahe Anschlüsse an die hühnerartigen Vögel auf, dabei fehlen aber auch solche an andere Abtheilungen nicht. Bezüglich der ersteren erinnert die tiefe, wohl gewölbte Form des hinteren Abschnittes bei dem flach ausgebreiteten präacetabularen Darmbeintheile an die Becken der Tetraoniden.

Das Sacrum bilden im vordersten Abschnitte drei bis vier Wirbel.

Digitized by Google

Drei finde ich bei der Haustaube, häufiger vier bei Columba palumbus. Gewöhnlich trägt der erste Wirbel eine Rippe. Bei vier Wirbeln kommen auch dem zweiten Wirbel Rippen zu. Die Verbindung bietet die bereits bei den Hühnern angegebene Variabilität dar.

Der zweite Abschnitt besitzt drei Wirbel, davon der erste zuweilen Andeutungen vorderer Querfortsatzschenkel besitzt und damit eine Tendenz zeigt, zur ersten Gruppe überzugehen. Die Acetabularwirbel sind unterscheidbar, bieten aber wieder die bei den Hühnern vorhandenen mannichfaltigen Verhältnisse, indem der vordere bald einseitig, bald beiderseitig des charakteristischen Querfortsatzschenkels entbehrt. Als bemerkenswerthe Verschiedenheit von den Hühnern kommt noch dem zweiten Acetabularwirbel zuweilen ein Defect der vorderen Querfortsatzschenkel zu, wie wir es auch bei anderen Abtheilungen antreffen. Wo beide Fortsätze bestehen, convergiren sie zum Acetabulum, welches mit jenen Wirbelkörpern in gleicher Höhe liegt. Aus dieser grossen Variabilität ist zu ermessen, dass die Bestimmung der beiden Wirbel keineswegs leicht ist. Sie kann am sichersten aus der Vergleichung der übrigen Wirbelgruppen festgestellt werden. Was die Verschiedenartigkeit selbst betrifft, so mag sie theilweise aus den in grösserer Anzahl untersuchten Exemplaren resultiren, somit eine relative sein, die auch sonst überall sich findet. Theilweise mag sie aber wohl auch auf Rechnung der Divergenz des Charakters dieser Familie kommen, die vorzüglich in der künstlichen Rassenerzeugung sich ausspricht.

Die beiden Acetabularwirbel sind auch bei der Kronentaube (Goura coronata) deutlich wahrnehmbar, wie aus einer von Owen gegebenen Abbildung[1]) ersichtlich ist. In der einseitigen rudimentären Bildung eines vorderen Querfortsatzes findet sich eine Uebereinstimmung mit dem eben erwähnten nicht seltenen Verhalten von Columba.

Bei Columba palumbus, wo ich nur Einen Acetabularwirbel sehe, verläuft vom Ende dessen Querfortsatzes eine scharfe Kante zum hintern Rande des Acetabulums und theilt die hier sehr breite Fossa iliaca. In geringer Ausprägung ist diese Leiste auch bei der Haustaube anzutreffen.

Der folgende Sacralabschnitt besteht aus 5—6 Wirbeln, drei davon sind gegen die Fossa iliaca posterior, die zwei oder drei letzten gegen eine Crista ischiosacralis gerichtet, gegen welche ihre Querfortsätze convergiren. Die Ischiosacralleiste beginnt medial als eine ganz geringe aber breite Erhebung, um in ihrem lateralen Verlaufe stärker zu pro-

1) Memoir of the Dodo (Didus ineptus L.). London 1866. Pl. XII. Fig. 5.

Digitized by Google

miniren, da hinter ihr eine tiefe, zum Theil unter sie sich fortsetzende Grube erscheint. Diese läuft gegen die wenig vorragende Spina ilio-caudalis aus und erinnert an das Verhalten von Tetrao.

Nahen Anschluss an das Becken der Tauben bietet jenes von Didus dar, wie aus den sorgfältigen Darstellungen in OWEN's Monographie [1]) zu ersehen ist. Vier Wirbel setzen den ersten Abschnitt des Sacrums zusammen, der erste mit einer Rippe versehen. Darauf folgen drei, nur querlamellenartig verdünnte, hintere Querfortsatzschenkel (Diapophysen) besitzende Wirbel. Diesen reiht sich ein Acetabularwirbel an, welcher durch den Besitz sehr mächtiger, besonders terminal verdickter vorderer Querfortsatzschenkel (Pleurapophysen) sich auszeichnet. Die letzten acht Wirbel sind wieder nur mit hinteren Querfortsatzschenkeln versehen, die in ziemlich gleicher Richtung sich verhalten, aber nach hinten zu sich etwas verkürzen und verdicken. Der des zweiten Wirbels dieser Gruppe ist der längste. Es fragt sich nun, ob der angeführte Acetabularwirbel der einzige ist, oder ob auch hier die Rückbildung eines ursprünglich vorhandenen andern angenommen werden dürfe. Die grosse Verbreitung, in der das Vorkommen zweier Acetabularwirbel theils schon gezeigt wurde, theils noch vorgeführt werden wird, giebt der vorläufigen Annahme jener zwei Wirbel für Didus gewiss einige Berechtigung. Diese würde steigen, wenn jener fragliche zweite Wirbel wenn auch nur aus Spuren erkannt werden könnte. Solche sind mir aber nicht sicher genug erkennbar, denn die grössern längern hintern Querfortsatzschenkel des ersten Postacetabularwirbels, im Vergleiche mit dem folgenden, erscheint mir kein ausreichender Grund, diesen Wirbel als einen rückgebildeten zweiten Acetabularwirbel deuten zu dürfen. Ebensowenig kann der letzte Präacetabularwirbel als erster Acetabularwirbel angesehen werden. Somit dürfte diese Frage vorläufig unerledigt bleiben.

Bezüglich der Vergleichung der Beckentheile von Didus ist von OWEN Didunculus, Goura und Columba herbeigezogen worden, auch Vultur, der jenen Ergebnissen entsprechend ganz ausser Betracht bleiben kann. Indem ich die von OWEN auseinander gesetzten Uebereinstimmungen und Verschiedenheiten übergehe, will ich nur auf ein von OWEN nicht angemerktes Verhältniss aufmerksam machen, welches das Becken von Didus mit jenem von Columba gemeinsam hat. Es ist die oben schon von mir berührte Crista ichiosacralis, welche vom Ende des Sacrums flach beginnend gegen das Os ischii quer hinzieht. Diese fehlt bei Goura und ist auch bei Didus schwächer als bei Columba. Bei

---

1) Memoir of the Dodo (Didus ineptus L.). London 1866. S. 27 u. 48. Pl. VII.

Digitized by Google

Didus liegt vor der Leiste ein seichter Recessus iliacus posterior mit mehreren kleinen in den Knochen eindringenden Löchern, die auch sonst mit dem Vorkommen des Recessus bestehen. Dieser Recessus ist bei Columba nur angedeutet und läuft mit glatter Oberfläche gegen die Leiste aus. Die bei Columba hinter der Leiste befindliche und auch unter der Leiste sich nach vorn erstreckende Grube ist dagegen bei Didus weniger als bei Columba ausgeprägt. Da diese Bildung nur in wenigen Abtheilungen, aber selbstverständlich im Zusammenhange mit dem Bestehen der Leiste, vorkommt, bei manchen hühnerartigen Vögeln, dann bei Otis u. a., also solchen, in denen der Vogeltypus minder hoch differenzirt hat, wird jener Befund um so mehr Beachtung verdienen.

In derjenigen Abtheilung der Schwimmvögel, welche als Chenomorphae von Huxley aufgestellt ward, treten uns Einrichtungen entgegen, die wir an jene der hühnerartigen Vögel anknüpfen können. Im Becken der Gans (Fig. VIII) wird der vordere Iliacaltheil des Sacrums durch sechs Wirbel repräsentirt, die zwei ersten davon (zuweilen auch drei) tragen Rippen, die am ersten Wirbel an Körper und Querfortsatz, am zweiten nur dem Querfortsatz ansitzen. Bei der Ente wird dieser vorderste Sacraltheil durch fünf Wirbel vorgestellt, davon drei Rippen tragen, die beiden letzten sind nur am Querfortsatz befestigt. Die Querfortsätze der übrigen Wirbel sind stärker als die der vorhergehenden. Sieben Wirbel treffen sich beim Schwan, davon vier Rippen tragen. Mergus (Fig. X) stimmt mit der Gans überein. Auch bei Phoenicopterus (Ph. roseus), den ich hier aufführe, obgleich Huxley ihn mit Recht zum Repräsentanten einer besonderen Gruppe, der Amphimorphae, macht, finde ich sechs solcher Wirbel; davon trägt nur der erste eine Rippe, und der letzte besitzt sehr schwache Querfortsätze, die nicht ganz das Ilium erreichen. Der zweite oben charakterisirte Abschnitt ist bei den genannten Schwimmvögeln, mit Ausnahme von Phoenicopterus, in seiner Lage zum Acetabulum verändert, er liegt nicht vor dem Acetabulum, wie bei den Hühnern, sondern entspricht entweder dem Acetabulum, oder erstreckt sich caudalwärts hinter dasselbe. Bei Phoenicopterus ist dieser Abschnitt aus zwei Wirbeln, bei der Gans, der Hausente und dem Schwan aus drei, bei einer andern Species von Anas und dem Sägetaucher (Fig. X *a*, 1, 2, 3) aus vier Wirbeln zusammengesetzt, wenn man die hintere Grenze durch den ersten der vorhin bei den Hühnern als Acetabularwirbel bezeichneten, mit doppelschenkeligem Querfortsatz versehenen Wirbel bestimmt sein lässt. Jene Verschiedenheit in der Zahl löst sich nach Vergleichung der Acetabularwirbel. Diese sind beim Schwan, beim Flamingo (Fig. XI *a*, *b*) wie bei der Gans (Fig. VIII

Digitized by Google

a, *b*) ausserordentlich deutlich und von den benachbarten Wirbeln sofort unterscheidbar. Auch bei Anas boschas domestica sind diese beiden Wirbel vorragend entwickelt. Sie stützen mit ihren verschmolzenen Querfortsatzenden den massivsten Theil des Iliums hinter und über dem Acetabulum. Auch manche andere Eigenthümlichkeiten stimmen mit jenen der Hühner überein.

Bei Mergus und Anas (spec. ?) finde ich nur einen als Acetabularwirbel zu deutenden Wirbel, der bei Mergus durch die mehr transversale Richtung seiner doppelschenkeligen Querfortsätze von den folgenden Wirbeln sich unterscheidet, denn die Querfortsätze der letzteren sind mehr schräg nach hinten gerichtet.

Setzen wir, durch den Befund bei den andern verwandten Vögeln inducirt, auch hier zwei Acetabularwirbel voraus, so werden wir den fehlenden entweder im vorausgehenden oder im nachfolgenden Abschnitt suchen müssen. Die Vermehrung des vorausgehenden Abschnittes um einen Wirbel — da hier vier, bei den andern Gattungen dagegen nur drei bestehen — wird uns leiten, den hier überzähligen Wirbel aus einem umgebildeten Acetabularwirbel entstanden anzusehen; wir betrachten also den einzigen mit zweischenkeligem Querfortsatz versehenen Wirbel bei Mergus (Fig. X *b*) als den zweiten typischen Acetabularwirbel. Da aber bei Phoenicopterus die beiden Acetabularwirbel unterscheidbar sind, wird die Verminderung der präacetabularen Gruppe um einen Wirbel durch den Uebergang des ersten dieser Gruppe in die nächstvorhergehende Abtheilung erklärt werden dürfen. Die Wirbelzahl der vorderen Sacralabtheilungen ist daher bei Phoenicopterus 5, 3, 2.

Die Sonderung der ferner zwischen den Darmbeinen liegenden Wirbel in untergeordnete Gruppen ist bei den vorgeführten Gattungen wenig ausgeprägt und damit erscheint der Uebergang der postacetabularen Wirbel in die Caudalwirbel ganz allmählich. Diess hängt zusammen mit der geringen Entwickelung einer Ischiosacralleiste, wodurch zugleich der postacetabulare Theil des Darmbeins flacher erscheint. An einer Andeutung der Ischiosacralleiste fehlt es jedoch nicht gänzlich. Sie ist sehr schwach bei Cygnus olor, wo ihr von den neun postacetabularen Sacralwirbeln zwei correspondiren, diesen folgen noch acht freie Caudalwirbel, das Pflugscharbein nicht gerechnet. Auch bei Phoenicopterus ist sie angedeutet. Bei Anas anser sind sechs postacetabulare Sacralwirbel von gleichartigem Verhalten, und zwei bald freie, bald zum Sacrum gezogene Caudalwirbel folgen, an das mediale Ende der Ischiosacralleiste gelehnt. Mergus besitzt sechs gleichartige postacetabulare Wirbel und einen bis zwei Caudalwirbel mit der Leiste verbunden. Bei einem anderen Exemplare ist einer der letzteren noch

Digitized by Google

Sacralwirbel. Bei Phoenicopterus ist der Uebergang der Postacetabularwirbel in den Caudaltheil der Wirbelsäule noch weniger durch Besonderheiten einzelner Wirbel abgegrenzt, und es bleibt nur die Verschmelzung mit dem Sacrum als Kriterium übrig. Ich zähle solcher Wirbel fünf.

Dem Becken der gänseartigen Vögel kommt also im Vergleiche mit den hühnerartigen, wie auch mit den Tauben ein einfacherer Bau zu, der in der mangelnden Grubenbildung auf dem hinteren Darmbeinabschnitte, dem damit verbundenen Fehlen einer Ischiosacralleiste und endlich einer wiederum hiervon ableitbaren grösseren Gleichartigkeit der postacetabularen Wirbel sich ausspricht.

Die Uebereinstimmungen, welche Phönicopterus im Verhalten des Sacraltheils der Wirbelsäule mit dem der von Huxley als Chenomorphae unterschiedenen Schwimmvögel zeigt, werden aufgewogen durch Verschiedenheiten im Verhalten der lateralen Beckenstücke. Auf diese werden wir um so grösseres Gewicht legen müssen, als jene gemeinsamen Eigenthümlichkeiten keineswegs diesen Vögeln ausschliesslich zukommen, vielmehr ebenso in anderen ganz verschiedenen Abtheilungen sich wiederfinden.

Jene den Hüftbeintheil des Beckens betreffenden Eigenthümlichkeiten von Phönicopterus im Gegensatz zu den Chenomorphen finde ich erstlich im Bestehen einer scharf ausgeprägten Linea ileolateralis, welche zu einem deutlichen Acetabularfortsatz führt, den dorsalen und lateralen Darmbeintheil abgrenzend. Diese Linie fehlt bei den Gänsen. Zweitens divergiren die Schambeine mit dem vordern Sitzbeinrand, und dem Sitzbein fehlt die zum Schambein tretende Platte, welche bei den Gänsen ein Foramen obturatum von hinten her abgrenzt und besonders bei Mergus deutlich aus dem ventralwärts gekrümmten Ende des Sitzbeinkörpers gebildet wird. In diesem Offensein des Foramen obturatum scheint sich nicht blos die Trennung von den Chenomorphen, sondern auch die selbstständige Stellung zu rechtfertigen, welche von Huxley dieser Gattung angewiesen ward. Ausser bei einigen Ratiten besteht bei nur wenigen Vögeln, z. B. bei Tinamus, das gleiche Verhalten in ähnlicher Form.

Ich schliesse hieran die Reiher (Pelargomorphae, Huxley), von denen ich Ardea cinerea, n. stellaris, sowie Ciconia alba untersucht habe. Die Wirbelzahl des ersten Abschnittes des Sacrums stellt sich auf fünf, davon einer eine Rippe trägt, die sich durch Capitulum und Tuberculum befestigt. Dieser Abschnitt ist schlanker als bei den hühner- und gänseartigen Vögeln, und namentlich bei Ardea (A. stellaris) sind die Darmbeine dieses Abschnittes zierlich gestaltet. Die

Querfortsätze erscheinen bei Ciconia einfach bis auf den letzten, der doppelte Schenkel besitzt. Die folgende Wirbelgruppe finde ich aus drei Wirbeln zusammengesetzt, die sich mit Beziehung zum Acetabulum jenen der Anserinen gleich verhalten. Die darauf folgenden Acetabularwirbel sind deutlich, besonders bei Ciconia (Fig. XIV, *a*, *b*); das von ihren Querfortsätzen umschlossene Foramen intertransversarium ist schmäler, aber länger als die der folgenden Wirbel. Von diesen gehören zum Sacrum noch vier, die bei Ciconia mit den acetabularen doppelte Querfortsatzschenkel gemein haben. Auch der erste Caudalwirbel bietet beim Storch diesen Bau, so dass eine Sonderung von den acetabularen schwer wäre, wenn diese nicht durch Volum und Stellung der Querfortsätze sich leicht bemerkbar machten. Bei Ardea ist die Querfortsatztheilung nur durch ein Höherwerden der Querfortsätze angedeutet, wobei die Löcher durch blind geschlossene Gruben repräsentirt sind. Die vier postacetabularen Wirbel sondern sich im Zusammenhange mit dem Bestehen einer Ischiosacralleiste in verschiedener Weise von einander. Bei Ardea stellaris (Fig. XIII) sind die drei letzten Sacralwirbel mit jenem Vorsprung verbunden, dessen concave Kante am Querfortsatz des zweiten Postacetabularwirbels beginnt. Bei Ciconia ist dieser zweite Wirbel (2') dem vorhergehenden gleich, sein Querfortsatz richtet sich aber gegen den wenig starken sacralen Anfang jener Kante, und bei Ardea cinerea ist derselbe zweite Wirbel kaum noch in Beziehung zu jener Kante, die erst am dritten postacetabularen Wirbel (3') anhebt. Demnach sind bei Ardea cinerea zwei der vier Wirbel gegen die Fossa iliaca posterior gerichtet. Bei Ardea stellaris ist es nur einer. Damit steht eine Verschiedenheit der Ausbildung der Ischiosacralleiste in Zusammenhang und diese bedingt wieder eine Verschiedenheit in der Tiefe der Fossa iliaca posterior. Diese ist wenig beträchtlich bei Ardea cinerea (mehr allerdings als bei den Gänsen), tiefer ist sie bei Ciconia, wo bereits eine Einsenkung über die Leiste hinaus nach hinten beginnt. Am tiefsten ist die Grube bei Ardea stellaris, wo sie sich weit über die Leiste hinaus ins Ilium erstreckt. Dieses mit dem Becken der hühnerartigen Vögel gemeinsame Verhalten (vergl. damit die Figg. II, III, IV) wird durch die Beziehung zum Foramen ischiadicum modificirt. Während dieses bei den Hühnervögeln mit seiner hinteren Umrandung vor dem Rande der Crista ischiosacralis liegt, zieht sich der Hinterrand des Hüftloches bei Ciconia bis fast zur Höhe der Crista ischiosacralis hinab, und reicht bei Ardea stellaris sogar über jene Leiste hinaus, welche daher von aussen her durch das Hüftloch sichtbar wird.

Schwieriger wird die Erklärung des Sacrums bei den Möven,

Digitized by Google

die ich mit den Colymbiden aus der Huxley'schen Abtheilung der Cecomorphae allein untersucht habe. Fünf Wirbel bilden bei Larus (L. ridibundus und argentatus) (Fig. XV) den ersten Abschnitt. Der erste trägt eine vollständige Rippe, der zweite nur eine Rippe, die blos am Ende des Querfortsatzes befestigt ist, wenn wir von dem für unsere Zwecke untergeordneten Umstande absehen, dass diese Rippe auch mit dem Ilium verwachsen kann. So finde ich es an einem Specimen von Larus ridibundus. Jener rippentragende Querfortsatz ist, wie die folgenden, hoch aber dünn; der des dritten Wirbels ist unansehnlich. Etwas stärker und in transversaler Richtung einander parallel sind die Querfortsätze der beiden letzten Wirbel dieses Abschnittes. Der nächste setzt sich aus vier Wirbeln zusammen, die wie sonst beschaffen sind. Darauf folgt ein mit mächtigem doppelschenkeligem Querfortsatz ausgedehnter Acetabularwirbel. Das massive Ende dieses Fortsatzes stösst an den hinteren Theil des Acetabulums, die vorerwähnte Wirbelgruppe ist daher präacetabular. Von den folgenden postacetabularen Wirbeln sind bei L. ridibundus die Querfortsätze zweier der Fossa iliaca posterior, die zwei letzten der langen aber schmalen Ischiosacralleiste zugewendet, die sie mit bedeutender Convergenz ihrer Enden erreichen. Bei Larus argentatus entspricht nur der letzte Sacralwirbel jener Leiste, drei sind mit den Querfortsätzen gegen die Fossa iliaca posterior gerichtet. Somit besteht ein ähnliches Verhältniss wie bei den Reihern. Auch das Foramen ischiadicum bietet ähnliche Beziehungen, indem sein hinterer Rand nur wenig vor der Ischiosacralleiste liegt.

Aufzuhellen bleibt das Verhalten der Acetabularwirbel, deren wir sonst zwei, bei Larus dagegen nur Einen antreffen. Durch die Beziehung dieses einen zum Acetabulum möchte man versucht sein, die fehlenden unter den postacetabularen zu suchen; bei L. ridibundus geht zudem vom verdickten Querfortsatzende des einzigen Acetabularwirbels ein Vorsprung schräg nach hinten und medianwärts (vgl. Fig. XV), so dass man auf eine einmal vorhanden gewesene Verbindung mit dem ersten Acetabularwirbel schliessen könnte. L. argentatus bietet dagegen nichts Derartiges dar. Es ist daher gerechtfertigt, auch unter den präacetabularen Wirbeln zu prüfen. Geleitet werden wir hiezu durch die Vierzahl dieser Wirbel und die Erwägung, dass dieselbe Gruppe bei Verwandten, den Reihern, den Gänsen etc. nur aus drei Wirbeln sich zusammensetzt. Beachten wir die Richtung der hier allein bestehenden dorsalen Querfortsätze dieser vier Präacetabularwirbel, so finden wir die der ersten drei ziemlich parallel und etwas schräg nach hinten gerichtet. Der Querfortsatz des vierten, letzten Wirbels dieser Gruppe verläuft dagegen viel steiler nach hinten, ist stärker gegen den Quer-

Digitized by Google

fortsatz des acetabularen Wirbels geneigt und zwar in beiden Arten von Larus. Wenn diesem Querfortsatze auch ein ventraler Schenkel zukäme, so müsste er mit dem Ende des acetabularen Querfortsatzes nothwendig zusammentreffen. Es wird also mit aller Wahrscheinlichkeit der ursprüngliche erste Acetabularwirbel durch Verlust seines ventralen Querfortsatzes in die präacetabulare Wirbelgruppe übergegangen sein.

Von dem Becken der Möven ist das der Colymbiden ganz ausserordentlich verschieden, wie an den hierauf untersuchten Gattungen Podiceps (P. minor) und Colymbus (C. septentrionalis) deutlich wird. Zuerst ist es die bedeutend langgestreckte und schmale Form, welche die Becken dieser Vögel auszeichnet, und sie bei der minimalen Breite der Interacetabularregion und des ganzen postacetabularen Abschnittes fast den Becken der Strausse ähnlicher erscheinen lässt. Das Ischium und der lange postabulare Theil des Iliums verwachsen zu einer breiten, aber fast senkrecht stehenden, einem längeren Abschnitte der Wirbelsäule sich anschmiegenden Knochenlamelle. Bei Colymbus, wo ich für diesen Abschnitt acht Wirbel zähle, lässt der dorsale Darmbeinrand in seiner ganzen Länge eine von vorne etwas breitere, vom Acetabulum an sehr schmal werdende und bis zum Ende ziemlich gleich bleibende Spalte frei, aus der die Dornfortsätze der Sacralwirbel hervortreten, bis über die Acetabularregion hinab in eine Knochenleiste verschmolzen. Bei Podiceps tritt in der Acetabularregion ein breiterer, rautenförmig gestalteter Abschnitt des Sacrums dorsal zu Tage, während der hinter dem Foramen ischiadicum gelegene Theil beider Ilia über dem Sacrum zu einer fast senkrechten Kante zusammen tritt. Den flachen Darmbeinen fehlt jede Andeutung einer Fossa iliaca und damit auch die Ischiosacralleiste; damit steht das gleichartige Verhalten der postacetabularen Wirbel in Zusammenhang. Bei der Enge der Pfannengegend sind auch keine acetabularen Wirbel unterscheidbar. Im Ganzen wird man dieser Beckenform im Verhältniss zu den Lariden eine niedere Stellung einräumen müssen, da sowohl am Sacrum, als an den Hüftbeinen viel geringere Differenzirungen als bei jenen vorhanden sind. Inwiefern diese Verschiedenheit durch die bei den Alciden und Procellariden vorhandenen Beckenformen mit jener der Lariden vermittelt wird, inwiefern also die von Huxley [1]) aus diesen Familien gegründete Abtheilung der Cecomorphae auf den Bau des Beckens sich stützen kann, muss ich unentschieden lassen.

Nach der Untersuchung von Carbo finde ich das Becken der

---

1) Proceed. of the Zoological Society. London 1867. S. 457.

Pelecaniden jenem der Anatiden am nächsten stehend. Was vor allem das Sacrum betrifft, so bilden sechs Wirbel den vordersten Abschnitt (Fig. XXIII). Zwei davon tragen Rippen. Die ersten drei Wirbel sind wie die sämmtlichen vor ihnen befindlichen Brustwirbel durch ventrale Fortsätze (Hypapophysen) ausgezeichnet, wovon auch der vierte Wirbel noch eine Spur zeigt. Darauf folgen am zweiten Abschnitte zwei Wirbel, worauf ein mit ansehnlichem vorderen Querfortsatzschenkel versehener Acetabularwirbel kommt. Er lehnt sich an den hinteren Rand der Pfanne. Von den acht Postacetabularwirbeln, die nur durch allmähliche Verbreiterung ihres kurzen Querfortsatzes sich unterscheiden, correspondirt der vorletzte einer Ischiosacralleiste, die schwach, aber immerhin deutlich entwickelt ist. Es besteht demgemäss eine flache Fossa iliaca posterior. Eigenthümlich sind zwei von der Ischiosacralleiste ausgehende, die Querfortsätze des ersten und auch theilweise noch des zweiten Caudalwirbels zwischen sich fassende Fortsätze, welche eine hintere Incisura ischio-iliaca begrenzen helfen. Die Incisur besteht wenn auch viel schmaler am Becken der Gans, weniger bei Anas boschas und Cygnus; bei Mergus als eine schwache Buchtung. Die Fortsätze, die von mir als Spinae ilio-caudales bezeichnet werden, sind bei Anas anser bedeutender von der Wirbelsäule entfernt (vergl. Fig. XIII). Von ihrem medialen Rande her zieht eine Membran zu den caudalen Querfortsätzen. Am meisten finde ich sie sonst noch bei Gallus entwickelt (Fig. II), als stumpfe, aber starke Höcker, welche über die Höhe zweier Caudalwirbel hinausragen. Bei der Vergleichung des Beckens von Carbo mit jenem der Gans fällt noch eine an der Innenfläche vom Ausschnitt des Canalis obturatorius beginnende Furche auf, die lateral von der zugeschärften, gegen das ansehnliche Foramen obturatum gerichteten Kante des Ischium, medial dagegen von einer dicht unter dem Acetabulum entspringenden, dem Körper des Ischium folgenden Kante begrenzt wird. Die mediale Kante fehlt bei Anas anser, da die innere resp. vordere Sitzbeinfläche abgerundet ist, sie ist aber angedeutet bei Anas boschas, und noch bedeutender bei Mergus entwickelt.

Das Becken des gemeinen Kranich (Grus cinereus) bietet im ersten Abschnitte des Sacrums sechs Wirbel. Die beiden ersten tragen Rippen, davon das vorderste Paar mit Capitulum und Tuberculum articulirt. Das zweite Paar articulirt auf der ersten halben Länge des bezüglichen Querfortsatzes (Fig. XIV) mit dem Capitulum und dann nochmals am Ende des Querfortsatzes mittels eines verbreiterten Tuberculums. Die Querfortsätze sind bis zum letzten Wirbel herab durch bedeutende, vom ersten an zunehmende Höhe ausgezeichnet. Am

Digitized by Google

fünften und sechsten sind sie gespalten, wobei der dorsale Schenkel sich dem Dornfortsatze anlagert, oder vielmehr einer durch die Verwachsung der Dornfortsätze gebildeten Crista. Die unteren Theile nehmen unter Verbreiterung der Wirbelkörper nach hinten an Länge ab. Auch die Foramina intertransversaria anteriora wurden kleiner. Am zweiten Abschnitt sind drei Wirbel vorhanden (Fig. XVI, 1, 2, 3). Der dritte Abschnitt wird wieder aus drei, doppelte Querfortsatzschenkel besitzenden Wirbeln vorgestellt (*a*, *b*, 1′). Die ansehnlichen ventralen Schenkel, besonders der beiden ersten, verlaufen unter Convergenz schräg nach hinten und lateral zum hinteren oberen Pfannentheile, wo sie mit ihren verbreiterten Enden in eine mächtige Knochenmasse verschmelzen, in deren hinteren Theil auch noch der ventrale Schenkel des folgenden Wirbels eingeht. Unter diese Knochenmasse setzt sich der Recessus anterior der Fossa iliaca posterior fort. Da sonst, z. B. bei Crax alector, die Wand dieses Recessus nur vom Ilium gebildet wird, ist es wahrscheinlich, dass auch hier Aehnliches stattfindet, und dass der genannte Knochenpfeiler nicht ausschliesslich von den gegen ihn tretenden Querfortsätzen sich zusammensetzt. Die dorsalen Schenkel dieser Querfortsätze sind sämmtlich schwach, die des ersten Acetabularwirbels entbehren der terminalen Verbindung mit den ventralen Schenkeln. Ob daraus geschlossen werden darf, dass nur die folgenden beiden Wirbel acetabulare sind, ist noch nicht sicher, denn wir haben bereits mehrfach gerade am ersten Acetabularwirbel Uebergänge in dem vorhergehenden Abschnitte nachgewiesen, wobei ich an die Hühner erinnern will. Will man aber nicht eine Variabilität in der Zahl der Acetabularwirbel als typische Bildung annehmen, so wird man bei dem vorläufigen Festhalten an der Bedeutung des ersten der vorhin dieser Gruppe zugetheilten Wirbel nothwendiger Weise den dritten (Fig. XVI, 1′) aufgeben müssen. Dass er der postacetabularen Wirbelgruppe des Sacrums angehören kann, zeigt auch das Verhalten des folgenden Wirbels, der sich in manchen Stücken dem vorhergehenden ähnlich verhält. Nur die Richtung seines Querfortsatzes ist minder zur Acetabularstütze convergirend. Er ist zugleich mehr gegen die Fossa iliaca posterior gerichtet, und kommt darin mit dem nächsten Wirbel (2′) überein, der ebenso noch einen doppelschenkeligen Querfortsatz aufweist. Ein ähnliches Verhalten zeigte sich auch bei Phoenicopterus (Fig. XI), insofern der erste Postacetabularwirbel einen mit dem Vorhergehenden convergirenden Querfortsatz darbot. Wir unterscheiden somit nach den zwei acetabularen Wirbeln (*a*, *b*) drei postacetabulare, von denen einer den acetabularen assimilirt ist und der zweite eine Uebergangsform zum dritten abgiebt. Auf diesen folgen

Digitized by Google

endlich noch drei sacrale Wirbel, von welchen der erste (4') mit seinem Querfortsatz auf die Crista ischiosacralis stösst (*c. is.*). Diese umzieht hier einen ansehnlichen Recessus iliacus posterior. Der letzte (6') der postacetabularen Sacralwirbel ist nicht mit dem lateralen Theile seiner Querfortsätze, sondern mit dem Vorderrande derselben dem Ilium verbunden, und zeigt sich dadurch mehr dem caudalen Abschnitte der Wirbelsäule angehörig. Berücksichtigen wir diesen Umstand, so stimmt die Zahl der postacetabularen Wirbel, fünf, mit der von Crax alector überein, ebenso auch die Zahl der Caudalwirbel, sieben, das letzte aus mehreren Wirbeln verschmolzene Stück für einen gerechnet. In der Zahl der präacetabularen rippenlosen Wirbel, sieben, ist gleichfalls eine Uebereinstimmung. Die Verschiedenheit des Sacrums beruht in beiden Vögeln somit wesentlich darauf, dass bei Grus ein rippentragender Wirbel mehr dem Sacrum zugetheilt ist, und dass in den beiden präacetabularen Abschnitten des Sacrums eine andere Gruppirung waltet, indem die erste Gruppe bei Crax vier, bei Grus sechs, die zweite bei Crax vier, bei Grus drei Wirbel umfasst. Die Vermehrung des präacetabularen Sacraltheiles um einen Wirbel bei Grus wird aus der grösseren Längsausdehnung des betreffenden Darmbeinstückes hinreichend verständlich. Aehnliche Beziehungen ergeben sich auch bei einer Vergleichung mit Phoenicopterus.

Mit Beziehung auf die am Becken des Kranichs nachgewiesenen verwandtschaftlichen Verhältnisse mit dem Becken von Crax und dadurch auch mit jenem hühnerartiger Vögel muss die Untersuchung des Beckens von Otis (O. tarda) sich hier anschliessen. Das Skelet eines noch nicht völlig ausgewachsenen Exemplares zeigte für die genauere Kenntniss des Vogelbeckens ausser den dieser Abhandlung speciell zur Aufgabe gesetzten Verhältnissen noch manchen anderen wichtigen Befund. Was das Sacrum betrifft, so sind, wie aus dem Vorbemerkten zu erwarten ist, noch nicht alle in es eingehende Wirbel verschmolzen. Der erste Abschnitt, dem der Ausdehnung der Darmbeine gemäss fünf Wirbel zukommen, weist zwei unverschmolzene Wirbel (Fig. XVII, 8, 9) auf. Beide tragen Rippen, die mit Capitulum und Tuberculum articuliren; die folgenden drei Wirbel sind unter sich sowohl, wie mit dem nächsten Abschnitte verschmolzen. Der Querfortsatz des ersten dieser Wirbel ist wieder durch Höhe ausgezeichnet, die der beiden letzten (6, 5) sind getheilt. Der ventrale Schenkel des dritten (5) ist unansehnlich, auf der einen Seite sogar verkümmert und durch Bandmasse ergänzt. Im zweiten Abschnitte sind vier Wirbel (4—1) verschmolzen, davon wieder die Querfortsätze wie sonst nur in dorsalen Schenkeln bestehen, die hier ziemlich kurz sind. Der acetabulare Theil weist zwei unter sich

Digitized by Google

und mit dem vorhergehenden verschmolzene, von dem nachfolgenden getrennte Wirbel (Fig. XVII, *a*, *b*) auf. Die verbreiterten Enden ihrer ansehnlichen doppeltschenkeligen Querfortsätze sind unter sich vereinigt und stossen an den die Pfanne tragenden Darmbeintheil. Im Vergleiche mit Crax, wo die homologen Wirbel ganz ähnlich gestaltet sind, liegen sie etwas weiter nach vorne zu. Die nächsten drei Wirbel (1′—3′) besitzen kürzere einfache Querfortsätze; den des ersten finde ich einerseits dicht an der Wurzel durchbohrt. Sie lehnen an den medialen Darmbeinrand. Der folgende, vierte, postacetabulare Wirbel trifft mit seinem Querfortsatz auf eine starke Ischiosacralleiste (*c. is.*), deren hinterem Rande das ansehnliche knorpelige Querfortsatzende des nächsten Wirbels sich anschmiegt, sowie diesem wieder jenes des folgenden mit einer Knorpelplatte verwachsen ist. Nach diesen finde ich sechs discrete Caudalwirbel. Das darauf folgende wenig mächtige Pflugscharbein bietet noch Spuren mehrfacher Wirbel dar. An jedem der Caudalwirbel trägt der Querfortsatz einen ansehnlichen Knorpel (*ch*), diesem entspricht an den vorhergehenden Wirbeln eine Verdickung der Knorpelplatte, welche die Querfortsätze mit der Ischiosacralleiste verbindet. Am ausgewachsenen Thiere nehmen die Querfortsätze der Caudalwirbel eine ansehnliche Ausdehnung ein. Der Querfortsatz läuft in ein nach vorn convexes Knochenstück aus, welches von ersterem an der Basis abgesetzt ist und dadurch seine Entstehung aus dem vorhin erwähnten Apophysenknorpel kundgiebt. Dabei hat es den Anschein, als ob diese Knorpel selbstständig ossificirten.

Bevor ich auf die Vergleichung des Sacrums eingehe, müssen einige das Ilium betreffende Bemerkungen vorgetragen werden. Dasselbe zeigt eine bedeutende Grube, die vorwärts einen unter die Querfortsätze der Acetabularwirbel tretenden Recessus bildet, der etwas weniger als bei Crax entwickelt ist. Nach hinten vertieft sich die Fossa iliaca posterior wieder in einen Recessus, welcher die Ischiosacralleiste wie bei Crax, Gallus und Grus abgrenzt. Dieser Recessus posterior ist aber nicht wie bei den bisher vorgeführten Becken blind geendigt, sondern bildet vielmehr einen von der Leiste überbrückten Canal, der hinten ausmündet. Es liegt hier ein Verhältniss vor, welches bei Tetrao Anschlüsse findet. Dort trifft sich (bei T. urogallus und tetrix) auf dem hinter der Ischiosacralleiste des Darmbeins liegenden noch ansehnlichen Stücke dieses Knochens eine scharfumrandete Grube (vergl. Fig. III), welche mehrere gegen den Recessus posterior gerichtete Löcher besitzt. Denkt man sich diese Löcher zusammengeflossen zu einem in den Recessus einmündenden Canal erweitert, so tritt uns das Verhalten

Digitized by Google

von Otis im Wesentlichen entgegen, und dadurch mögen wieder verwandtschaftliche Beziehungen gegeben sein.

Eine zweite, das Ilium betreffende, wie ich glaube wichtige Thatsache ist die selbstständige Ossification der Ischiosacralleiste. Sie bildet ein besonderes Knochenstück (o, 15). Wir können an diesem Os ischiosacrale ein schmaleres Mittelstück und zwei verbreiteste Enden unterscheiden. Ersteres Stück bildet eine quere Brücke über den zu einem Canal umgewandelten Recessus iliacus posterior, das mediale Ende stösst an den Querfortsatz des vierten postacetabularen Wirbels, verbreitet sich dorsalwärts, so dass es den Canal von oben und seitlich umranden hilft, und erstreckt sich auch medial abgeflacht nach vorn, wodurch es auch an die Querfortsätze des dritten und des zweiten postacetabularen Wirbels stösst. Das laterale Ende tritt direct und sehr verbreitert zu dem betreffenden Os ischii. Es besitzt gleichfalls eine dorsale Ausdehnung und stösst mit dem medialen Ende über dem Canal in einer noch knorpeligen Naht zusammen. Der vordere Theil des lateralen Endstückes begrenzt zugleich das Foramen ischiadicum von hinten her. Indem beide Endstücke zur Umschliessung des Canals dorsal gegen einander treten, kommen sie auf der oberen Fläche des Beckens als zwei ansehnliche Knochenplatten zum Vorschein. Die laterale Platte steht fast senkrecht zur medialen. Die letztere grenzt mit breitem Vorderrande an den medialen Theil des Hinterrandes vom Ilium, die laterale Platte stösst an den lateralen Theil jenes Randes nur mit einer schmalen Stelle. Die mediale Platte ist ungleichmässig ossificirt, sowohl innen als aussen scheinen einzelne Stücke wie abgelöst, auch bietet sie besonders innen mehrfache Vertiefungen und andere Unebenheiten, was alles an dem lateralen Endstücke nicht vorkommt. Die äussere Oberfläche desselben ist besonders glatt und mit bestimmten Contouren umrandet. Das zwischen diesen Theilen und den benachbarten Knochen befindliche Gewebe scheint Knorpel zu sein, und ebenso setzt sich ein knorpeliger Saum noch nach hinten fort, vom Caudaltheil bis zum Sitzbein herüberziehend.

Beim erwachsenen Trappen ist der Ischiosacralknochen vorn mit dem Ilium, lateral mit dem schmalen Ischium verschmolzen. Die Communication unter der Ischiosacralleiste besteht dagegen fort.

In Betreff der Vergleichung des Sacrums ist die Deutlichkeit der acetabularen Wirbel von Wichtigkeit, weil daraus die Homologieen der übrigen Wirbel leichter festzustellen sind. Die beiden präacetabularen Wirbelgruppen umschliessen neun Wirbel wie bei Grus cinerea, einen mehr als bei Crax, wo dagegen nur Ein rippentragender Wirbel vorkommt. Die Zahl sämmtlicher postacetabularer Wirbel ohne das Pflug-

Digitized by Google

scharbein beträgt bei Otis 12, bei Grus und Crax 11. Daran schliessen sich auch Gallus und Tetrao, doch geht bei dem letzteren der elfte Wirbel zuweilen ins Pflugscharbein ein. In allen drei Gattungen sind wie bei Gallus die drei ersten der postacetabularen Wirbel mit ihren Querfortsätzen der tiefen Fossa iliaca zugewendet, und der vierte postacetabulare Wirbel sendet seinen Querfortsatz der Crista ischiosacralis entgegen. Von den folgenden Wirbeln treten noch zwei zum Sacrum bei Grus, einer bei Crax, und bei Otis sind, wie an den mir vorliegenden Skeleten eines noch nicht angewachsenen und eines alten Exemplars erkenntlich, noch drei Wirbel dem Sacrum zugetheilt (Fig. XVII, 4′, 5′, 6′), wenn auch anfänglich mit dem knöchernen Ischiosacrale nur ein Wirbel, eben der vierte postacetabulare, correspondirt. Dieser letzte Sacralabschnitt vermehrt also von Crax durch Grus zu Otis die Zahl seiner Wirbel = 2, 3, 4, und in demselben Maasse wird der Caudaltheil beeinträchtigt. Anders verhält es sich bei Tetrao, wo gleichfalls drei Wirbel den letzten Abschnitt des Sacrums bilden. Hier geschieht die Vermehrung durch den letzten Wirbel der vorhergehenden Gruppe, und der erste auf der Ischiosacralleiste stehende Wirbel ist der dritte Postacetabularwirbel.

In der Familie der Charadriadae, welche Huxley mit den Scolopacinen in die Abtheilung der Charadriomorphae zusammenfasste, findet die Sonderung der wichtigsten Sacralabschnitte allgemein deutlich und scharf statt, indem die beiden Acetabularwirbel sehr mächtig entwickelt sind. Sie sind durch lange Querfortsätze ausgezeichnet, welche meist convergiren und gegen den dorsal von der Pfanne befindlichen Abschnitt des Iliums gerichtet sind. Dieser Theil des Iliums ist wieder sehr massiv. Bei Haematopus zieht sich sogar ein leistenförmiger Vorsprung von der Verbindung der Querfortsätze mit dem Darmbein bis zum hinteren Pfannenrande. Bei Oedicnemus ist dieser Vorsprung, der die Fossa iliaca anterior von der posterior scheidet, minder stark. Bei Recurvirostra fehlt er. Die Querfortsatzenden sind hier der Pfanne bedeutender genähert. Dass die Beziehungen dieser Wirbel den hinteren Theil des Pfannenrandes oder vielmehr den postacetabularen Abschnitt des Iliums betreffen, geht aus der Richtung der beiden Querfortsätze hervor. Sie verlaufen mehr transversal, wo die Pfanne vor dem Körpertheile der Wirbel sich findet, z. B. bei Recurvirostra. Wo sie dagegen mit den bezüglichen Wirbelkörpern in gleicher Höhe sich findet, nehmen die Querfortsätze einen etwas schräg nach hinten gerichteten Verlauf. Dies gilt besonders für den ersten, minder für den zweiten Wirbel. Bei einem Exemplare von Recurvirostra fehlt dem ersten Acetabularwirbel der Querfortsatz, resp. der

Digitized by Google

vordere Schenkel desselben, und bei einem Exemplare von Haematopus ostralegus finde ich nur Einen Acetabularwirbel; wie die Vergleichung mit dem andern Exemplare ergiebt, ist es wieder der erste Wirbel, der die Abweichung durch Verlust der beiderseitigen Querfortsätze hervorrief. Bei Numenius finde ich nur Einen Acetabularwirbel mit sehr starkem Querfortsatz. Obgleich der vorhergehenden Gruppe vier Wirbel angehören, muss ich den fraglichen Wirbel für den ersten Acetabularwirbel halten.

Die beiden präacetabularen Wirbelgruppen setzen sich in allen drei zuerst genannten Gattungen aus acht Wirbeln zusammen, die beiden vordersten tragen Rippen. Fünf Wirbel bilden den ersten Abschnitt bei Recurvirostra und Haematopus, wo der zweite Abschnitt aus drei Wirbeln gebildet wird. Sechs Wirbel finde ich im ersten Abschnitte von Oedicnemus, dessen zweiter Sacralabschnitt nur zwei Wirbel besitzt. Dass hier ein der letzten Gruppe angehöriger Wirbel in die erste Gruppe eingetreten ist, wird auch durch die sehr kleinen Querfortsätze des sechsten Wirbels dargethan.

Postacetabulare Sacralwirbel unterscheide ich bei Recurvirostra vier, bei Haematopus und Oedicnemus fünf. Bei Recurvirostra ist der vierte, bei Oedicnemus der vierte und der fünfte mit der Ischiosacralleiste in Verbindung. Diese Leiste bildet hier einen sehr schwachen abgerundeten Vorsprung, der die ziemlich ansehnliche, besonders sehr breite Fossa iliaca posterior von hinten her umzieht. Bei Haematopus ist die Leiste durch eine ganz kurze, vom Sitzbein ausgehende Erhabenheit vertreten, die Fossa iliaca posterior ist flacher und läuft gegen den hintersten Theil des Iliums seitlich vom Sacrum ohne Grenze aus. Der Ausdehnung der Fossa iliaca entspricht die Länge des Foramen ischiadicum bei Recurvirostra, während letzteres bei Haematopus viel weniger lang gezogen ist, und noch kürzer (im Verhältniss zur Fossa iliaca) ist es bei Oedicnemus. In demselben Maasse wird der hintere laterale Abschnitt der Fossa iliaca von einer vom Darm- und Sitzbein gebildeten Knochenlamelle umrandet, deren vorderer Rand die hintere Begrenzung des ischiadischen Loches vorstellt. Nach hinten läuft das Ilium in eine sehr stark lateral gelegene Spina ilio-caudalis aus, von der aus ein Vorsprung zur dorsalen Umrandung des Foramen ischiadicum zieht.

Das dorsale Sacralfeld ist rhomboidal gestaltet, die beiden seitlichen Winkel entsprechen den Enden der Querfortsätze der Acetabularwirbel. Der vordere Wirbel läuft spitz auf die zwischen den vorderen Darmbeinstücken liegende Dornfortsatzkante aus. Nach hinten

Digitized by Google

ist das Sacralfeld offen und setzt sich auf den Caudaltheil der Wirbelsäule in dessen Breite fort.

Vom Becken der Reiher unterscheidet sich das Becken des Charadriomorphen vor allem durch die bedeutende Breite des Interacetabularraumes, sowie durch die geringe Ausbildung der Ischiosacralleiste, welche dort sogar einen Recessus fossae iliacae umgiebt. Man kann in diesen Verhältnissen einen minder differenzirten Zustand erkennen, der dem bei den Anserinen angeführten nur parallel liegt, ohne dorthin Verknüpfungen erkennen zu lassen. Letzteres erhält aus den Zahlenverhältnissen, besonders des postacetabularen Sacraltheiles, eine Unterstützung.

Das Becken der Ralliden ist sowohl in seiner allgemeinen Gestalt, wie in dem Verhalten seiner einzelnen Theile von dem der vorhin aufgeführten Gruppe verschieden. Es ist langgestreckt und dabei schmal, besonders am präacetabularen Theile. Die hinteren Darmbeinstücke convergiren gegen einander und die Sitzbeine verlaufen fast ganz parallel. So wenigstens bei Fulica atra, Gallinula chloropus und Crex pratensis. Die erste Gruppe des präacetabularen Abschnittes des Sacrums besteht aus fünf Wirbeln, deren erster eine Rippe trägt. Capitulum und Tuberculum dieser Rippe sind so dicht aneinander gerückt, dass sie keine Oeffnung umfassen. Von da ab wachsen die Wirbelkörper an Breite und nehmen an Höhe ab, wie auch ihre Querfortsätze an Länge. Den zweiten Abschnitt bilden in beiden Gattungen vier Wirbel. Darauf folgt bei Crex (Fig. XXI) und Fulica (Fig. XIX) Ein Acetabularwirbel; zwei finden sich bei Gallinula (Fig. XX). Die Verbindung der Querfortsätze dieses Abschnittes mit dem hinteren oberen Theile der Pfanne bietet nichts von anderen Abweichendes. Dass der einzige Acetabularwirbel bei Fulica und Crex der erste ist, geht aus der Vergleichung mit Gallinula hervor, da hier der nächste Abschnitt durch einen einzigen Wirbel repräsentirt wird, während bei Fulica und Crex deren zwei folgen. Bei einem Specimen von Fulica finde ich einen Querfortsatz des ersten dieser Wirbel bedeutend entwickelt, zwar nicht zweischenkelig, wie den des Acetabularwirbels, aber doch hoch und lang und terminal deutlich zum Acetabulum verfolgbar. Dieser Wirbel ist somit offenbar dem zweiten Acetabularwirbel von Gallinula homolog. Auch bei Crex ist die Frage nach dem zweiten Acetabularwirbel aus dem Verhalten des auf den scheinbar einzigen Acetabularwirbel folgenden Wirbels zu beantworten. Sein (dorsaler) Querfortsatz trifft terminal mit dem des Acetabularwirbels zusammen.

Den folgenden Abschnitt bilden vier Wirbel bei Fulica, drei bei Gallinula, zwei bei Crex. Die grössere Länge des postacetabularen

Digitized by Google

Beckenabschnittes steht damit in Zusammenhang. Die Querfortsätze dieser Wirbel sind beträchtlich breit und zweischenkelig. Die hinteren Schenkel verhalten sich wie am vorhergehenden Abschnitte, die vorderen dagegen treten mit einer sehr breiten Ischiosacralleiste zusammen, welche die ventrale Wand eines weiten Recessus iliacus bildet, der aus der Fossa iliaca posterior sich nach hinten erstreckt. Bei Fulica ist dieser Recessus tiefer als bei Gallinula und Crex. Die erste Betrachtung der Ischiosacrallamelle giebt den Anschein, als ob durch sie die fraglichen Querfortsätze direct mit dem Sitzbein vereinigt wären, als ob die Lamelle vom Sitzbein ausginge. Genauere Prüfung weist in diesem Punkte dasselbe Verhalten nach wie bei anderen mit einem Recessus posterior versehenen Becken, z. B. jenem der Reiher, namentlich Ardea stellaris. Der Binnenraum des Recessus erscheint als dreikantige Pyramide, deren Basis gegen die tiefe Fossa iliaca, deren Spitze caudalwärts gerichtet ist. Die Wände sind eine ventrale, eben von der Ischiosacrallamelle gebildet, eine dorsale, von den verbreiterten dorsalen Querfortsätzen dieses Sacraltheiles, sowie vom hinteren Planum dorsale des Darmbeins, und endlich eine laterale, gleichfalls vom Darmbein gebildet. Vor der lateralen Wand liegt das Foramen ischiadicum, dessen hinterer Rand von dem zum Ischium ziehenden Ausschnitte jener Wand dargestellt wird. Zwei vordere Sacrallöcher (Foramina intertransversaria) führen jederseits bei Fulica wie bei Gallinula in den Recessus. Ein drittes hat bei Fulica diese Beziehung verloren. An der Umschliessung des Recessus betheiligen sich also noch die Querfortsätze der bezüglichen Sacralwirbel, der Recessus wird medial noch von einem Theile des Sacrums begrenzt, während er bei Ardea ausschliesslich im Darmbein liegt. Hinter dem Recessus zieht sich das Ilium eine Strecke weit noch in Verbindung mit dem Ischium in eine fast senkrechte Lamelle aus, welche mit einem bei Gallinula senkrecht abgestutzten, bei Fulica stumpfen Fortsatz ausläuft. Diese beiderseitigen Fortsätze begrenzen zusammen einen hinteren Ausschnitt des Beckens, von welchem Ausschnitte die Caudalwirbelsäule hervorgeht. Diese Fortsätze entsprechen den Spinae ilio-caudales. Dorsal erhebt sich von jedem eine laterale Leiste, welche äusserlich im postacetabularen Abschnitte des Iliums ein dorsales und laterales Feld scheidet. Die Leiste biegt hinter und über dem Foramen ischiadicum in einen, besonders bei Gallinula sehr mächtigen, lateralen Fortsatz aus, den ich als Processus ilio-lateralis bezeichnen will. Von da aus erstreckt sich eine besonders bei Fulica deutliche Kante zu einem über und hinter dem Acetabulum liegenden Höcker, Processus acetabularis, von dem aus eine median und nach vorn gerichtete Linie auf die

Digitized by Google

mediale Kante des präacetabularen Darmbeinabschnittes verläuft. Diese, zwei bedeutende Theile der äusseren Oberfläche scheidende Linie, die wegen ihres fast allgemeinen Vorkommens am Vogelbecken besondere Wichtigkeit hat, ist wieder die Linea ilio-dorsalis. Die bei den genannten Ralliden von dem Processus ilio-lateralis zum Processus acetabularis hin ziehende Linie ist die Linea ilio-lateralis. Man kann sich die letztere auch auf die Spina ilio-caudalis fortgesetzt denken.

Mit der Configuration dieser Linien und Fortsätze bei den Ralliden stimmt das Becken der Ardeiden am meisten überein. Ardea stellaris finde ich in dieser Hinsicht nicht bedeutender von Fulica atra verschieden, als diese von Gallinula chloropus. Die Spina ilio-caudalis ist bei der Rohrdommel zwar sehr wenig selbstständig, aber der hintere Abschnitt der Linea ilio-lateralis ist sehr markirt und zieht auf einen wie bei Gallinula stark entwickelten Iliolateralfortsatz. Dieser liegt jedoch der Iliocaudalspina relativ viel näher als bei den Ralliden. Noch näher liegt er beim Kranich, wo zugleich der Ausschnitt zwischen den beiderseitigen Iliocaudalfortsätzen (Incisura ilio-caudalis) einen weiten Bogen bildet. Eine fast quere Richtung erhält die hintere Linea iliolateralis bei Crax alector wie auch bei Tetrao, deren Processus iliolateralis nur wenig vor der Iliocaudalspina liegt. Bei Gallus dagegen ist der stumpfe Iliolateralfortsatz weit nach vorn gerückt, und die Iliolaterallinie läuft von da an zweigetheilt zum Acetabularfortsatz. Dieser ist bei Crax und Tetrao sehr wenig, bedeutend dagegen bei Meleagris entwickelt, wo er eine breite und lange Protuberanz vorstellt. Bei Ardea erhebt er sich als eine Leiste ähnlich wie bei Gallinula, und am ansehnlichsten erscheint er bei Grus, wo er, aus der Iliolateralleiste hervortretend, dornartig über das Foramen ischiadicum vorspringt. Am wenigsten finde ich diese Sculpturen bei den Anserinen ausgeprägt, wo nur der Acetabularfortsatz des Iliums deutlich unterscheidbar besteht. Dieser erscheint denn auch als der wichtigste Theil, denn er entspricht überall genau der Anfügestelle der dorsalen Schenkel der acetabularen Querfortsätze aus Ilium.

Wenn in den bisher abgehandelten Abtheilungen der Vögel mannichfache Beziehungen der einzelnen Beckenformen zu einande rbestanden, die auf nähere verwandtschaftliche Verhältnisse einen Schluss erlauben, so ist dies bei den noch übrigen Abtheilungen minder der Fall.

Das Becken der Raubvögel entfernt sich in vielen Punkten von jenem aller bisher vorgeführten, und schon am Sacraltheile ergeben sich wichtige Eigenthümlichkeiten, wenn auch ganz dieselben Abschnitte wie bei den meisten übrigen Vögeln unterscheidbar sind. Den vorderen Abschnitt finde ich meist aus fünf oder mehr als fünf Wirbeln zusam-

Digitized by Google

mengesetzt. Nur vier nehme ich beim Milan wahr. Fünf zähle ich beim Bussard und Sperber, dann bei Strigiden (Str. otus, flammea, aluco), während andere Strigiden (Str. bubo und passerina) deren sechs besitzen. Bei Str. passerina finde ich den ersten dieser Wirbel noch unverschmolzen, obgleich er vom Ilium weit überragt wird. Bei Astur palumbarius, Haliaëtus albicilla, wie bei Sarcorhamphus gehen sechs Wirbel in jenen Abschnitt ein. Die ersten Wirbel desselben tragen drei Rippenpaare bei Sarcorhamphus, nur zwei bei den übrigen mit Ausnahme von Strix otus, wo ich an einem Skelete nur Ein Paar Rippen vorfinde. Bemerkenswerth ist, dass bei einer Mehrzahl von Rippen die hinteren nur an den Querfortsätzen sich befestigen. Bei Sarcorhamphus articulirt die vorletzte einerseits noch mit Capitulum und Tuberculum, andrerseits sitzt sie nur am Querfortsatz, und das dritte Paar ist nur in der letzten Weise befestigt (vergl. Fig. XXVI). Bei Haliaëtus ist deutlich zu sehen, wie die beiden ersten Wirbel mit Capitulum und Tuberculum versehene Rippen tragen und dabei mit einfachen Querfortsätzen ausgestattet sind, indess an den folgenden Wirbeln doppelte Querfortsätze, obere und untere, vorkommen. Die unteren oder ventralen entsprechen dabei genau den Hälsen der den ersten Wirbeln angefügten Rippen. Im folgenden Abschnitte zähle ich fünf Wirbel beim Sperber, vier Wirbel bei Aquila leucocephala, Haliaëtus albicilla, bei Sarcorhamphus und bei Buteo, drei bei den meisten Eulen, zwei bei Strix bubo und passerina. Wenn man bezüglich der beiden letzteren beachtet, dass sie im ersten Abschnitte einen Wirbel mehr als andere Eulen besitzen, so ist die Annahme gerechtfertigt, dass diese Vermehrung des ersten auf Kosten des zweiten Abschnittes entsprang. Dies wird bestätigt durch die bedeutende Schwäche der Querfortsätze des letzten Wirbels des ersten Abschnittes. Die Summe beider Wirbelgruppen beträgt also acht bei Strix, neun bei Buteo, zehn bei Haliaëtus, Aquila und bei Sarcoramphns.

Der letzte Abschnitt der sacralen Wirbelsäule ist auch bei den Raubvögeln in zwei Wirbelgruppen zu sondern, die durch das Verhalten, namentlich durch die Verbindungen der Querfortsätze auseinander gehalten werden können. Die vorderste Gruppe bilden wieder zwei Wirbel, von denen besonders der Querfortsatz des ersten bei den Tagraubvögeln sehr mächtig entwickelt ist. Er tritt wie ein starker Pfeiler, mit dem Querfortsatz des folgenden Wirbels sich terminal zu einer stark verbreiterten Leiste verbindend, zum postacetabularen Abschnitte des Iliums (vergl. Fig. XXVI u. XXVIII, *a*, *b*). Beide Wirbel entsprechen den Acetabularwirbeln der übrigen Vögel, da sie an derselben Stelle zum Ilium treten. Der Querfortsatz des ersten dieser Wirbel ist ausser bedeutenderer Stärke

auch durch seine Länge von dem folgenden unterschieden. Er ist unter allen Beckenwirbeln der Hauptträger des Iliums, nur in einzelnen Fällen scheint auch der zweite, jedoch bei stets grösserer Kürze des Querfortsatzes, mit ihm in jenem Verhalten zu wetteifern, so z. B. bei Astur palumbarius, von dem ich an einem Exemplar sogar sehr schwache Querfortsätze des ersten Acetabularwirbels vorfinde. Die Querfortsätze convergiren meist, sehr bedeutend z. B. bei Buteo.

Bei den Eulen ist die Stärke der Querfortsätze der Acetabularwirbel minder bedeutend. Am meisten noch bei Bubo. Sehr schwach ist der des zweiten bei Str. aluco (Fig. XXVII), bei Str. passerina finde ich an einem Exemplare einseitigen Mangel des Querfortsatzes am ersten. In der Regel bildet der zweite Acetabularwirbel bei den Eulen ein Uebergangsglied zu den postacetabularen Wirbeln, wodurch die Acetabularwirbel minder scharf als bei den Tagraubvögeln sich vom gesammten Sacralcomplexe abheben. Unter den Tagraubvögeln wird durch Milvus eine Vermittelung zu diesem Verhalten gebildet, und durch das Vorkommen vorderer, wenn auch sehr schlanker Querfortsätze an dem ersten und letzten Wirbel der vor den Acetabularwirbeln liegenden Wirbelgruppe ist die sichere Bestimmung der beiden Acetabularwirbel am Beckenskelete vollkommen unmöglich. Es besteht hier das geringste Maass der Differenzirung unter allen vorgeführten Vogelgattungen.

Die postacetabularen Wirbel finde ich bei den Raubvögeln zwischen zwei bis vier schwankend. Vier besitzt Strix flammea, drei die übrigen untersuchten Eulen, dann Buteo, Falco nisus und Sarcorhamphus, zwei, Astur, Aquila und Haliaëtus. Wo nur zwei solcher Wirbel vorkommen, sind ihre stets starken, quer nach aussen und meist auch etwas abwärts gerichteten Querfortsätze mit einer mächtigen Crista ischiosacralis in Verbindung, wodurch eine tiefe Fossa iliaca posterior abgegrenzt wird. Dem den Boden dieser Grube bildenden Darmbeinabschnitt entspricht demzufolge bei den Eulen nur Ein postacetabularer Wirbel, mit Ausnahme von Strix flammea, bei welcher die Querfortsätze zweier Wirbel gegen jene Grube gerichtet sind. Der Mehrzahl der Eulen reihen sich Falco nisus, Buteo und Sarcorhamphus an, während bei Astur, Aquila und Haliaetus keiner der beiden postacetabularen Wirbel mit seinem Querfortsatz gegen jene Grube stösst. Sie wird daher median nur von den hier bedeutend verbreiterten Querfortsatzenden der beiden Acetabularwirbel abgegrenzt. Von einem Recessus iliacus sind hin und wieder leichte Spuren vorhanden, der hintere ist am beträchtlichsten bei Bubo, auch bei anderen Eulen noch deutlich. Er fehlt auch den Tagraubvögeln nicht allgemein. Bei allen untersuchten Raubvögeln

Digitized by Google

wird die Stelle der lateralen Wand der Fossa iliaca posterior durch das ansehnliche, runde oder schräg ovale Foramen ischiadicum gebildet, gegen welches sie fast in ihrer ganzen Ausdehnung offen ist. Aussen läuft über dem Foramen ischiadicum ein die Linea ilio-lateralis tragender Vorsprung, der an seinem hinteren Umfange ein Dach über das Foramen ischiadicum bildet, und zugleich eine bedeutende, auf der Aussenfläche des Sitz- und des Darmbeines gelegene Vertiefung von hinten und oben abschliessen hilft. Diese Grube zieht vom Foramen ischiadicum aus grösstentheils auf dem Sitzbein hin und soll als Fossa ischiadica unterschieden werden. Bei den anderen bisher betrachteten Vögeln finde ich für diese Bildung nur Andeutungen, die gegen die bedeutende Entfaltung der Grube besonders bei den Tagraubvögeln kaum in Betracht kommen.

Eine Spina iliocaudalis fehlt den meisten Tagraubvögeln, indem die Linea ilio-lateralis in sanfter Biegung bis ans Ende des Sitzbeines verfolgt werden kann. Dadurch empfängt der postacetabulare Theil des Beckens den Anschein einer charakteristischen Neigung nach vorn und abwärts. In der Wirklichkeit ist dies Verhalten bezüglich der Neigung des Darmbeins wenig oder gar nicht von dem anderer Vögel, z. B. der Hühner, verschieden. Als ein stumpfer Höcker ist die Spina bei den Eulen angedeutet; der am hinteren Rande der Beckenbegrenzung gelegene Höcker unterbricht deutlich die Fortsetzung der Iliolaterallinie zum Sitzbein, oder lässt vielmehr jene Linie erst von da an beginnen. Bei Milvus ist der Höcker zu einer stark vorstehenden Spina geworden und bei Sarcorhamphus ist sie dicht hinter dem Sitzbein bemerkbar, das hinterste Ende des Iliums bildend.

Eine grössere Einförmigkeit bezüglich des Sacraltheils des Beckens bieten die bisher meist in die Ordnungen der Scansores und Passeres (Oscines und Clamatores) gebrachten Familien dar.

Die durch Huxley vollzogene Auflösung des Scansores rechtfertigt sich bezüglich der Papageien (Psittacomorphae Hx.) auch am Becken, an dem den anderen Abtheilungen der früheren Scansorengruppe gegenüber noch die meisten der bisher unterschiedenen Wirbelcomplexe wahrnehmbar sind. Bei einigen Species von Macrurus, dann bei Psittacus erythacus und Cacatua sulphurea finde ich den ersten Abschnitt aus vier oder fünf Wirbeln bestehend, davon zwei Rippen tragen; der vierte ist in der Regel durch bedeutende Stärke seines kurzen Querfortsatzes ausgezeichnet. Dieser Fortsatz ist am fünften bei Cacatua sehr schwach. Darauf folgt ein Wirbel ohne vorderen Querfortsatzschenkel und diesem anscheinend die beiden Acetabularwirbel, welche zwar lange, aber ausnehmend schwache Querfortsätze besitzen. Die

Digitized by Google

des zweiten sind stärker als die des ersten. Ihre terminale Verbreiterung liegt in gleicher Höhe mit dem Acetabulum. Man kann daraus Bedenken schöpfen, ob der erste durch schwache Querfortsätze ausgezeichnete wirklich ein Acetabularwirbel ist.

Von den folgenden fünf Sacralwirbeln sind die beiden ersten bei Cacatua sulphurea mit schwachen Querfortsätzen versehen. Sie richten sich mit jenen des dritten gegen den eine Fossa iliaca posterior bildendenden Theil des Iliums, während der vierte und fünfte mit einer Ichiosacralleiste correspondirt. Bei einem Macrurus sind ausser den Wirbeln der ersten Gruppe nur die an die Ischiosacralleiste stossenden unterscheidbar, während alle dazwischen liegenden ganz allmählich in einander übergehen.

Noch mehr ist die Verwischung der Unterschiede der einzelnen Sacralwirbelgruppen bei den kukukartigen Vögeln (Coccygomorphae Hx.), von denen ich eine Species von Buceros, dann den Wiedehopf und gemeinen Kukuk untersucht habe. Im Sacraltheile des Beckens besitzen sie das Gemeinsame, dass der erste Abschnitt nur von drei Wirbeln gebildet wird, davon nur einer eine Rippe trägt, diese finde ich nur mit dem Ende des bezüglichen Querfortsatzes in Verbindung. Die folgenden Wirbel gehen allmählich in einander über. Der erste davon besitzt bei Buceros (Fig. XXIX) eine Andeutung des Anschlusses an die vorhergehende Gruppe, indem er Rudimente vorderer Querfortsatzschenkel besitzt, die aber nicht zum Darmbein gelangen.

Auch bei einem Exemplare von Cuculus canorus finde ich etwas Aehnliches, die Querfortsätze bilden ganz feine Knochenstäbchen. Die Gesammtzahl dieser Wirbel ist zwar für die drei Gattungen verschieden, allein es ist doch möglich, etwas Gemeinsames aufzufinden, indem die Zahl der der Fossa iliaca entsprechenden Wirbel sechs beträgt. Der sechste besitzt schräg nach hinten gerichtete Querfortsätze und richtet sich damit gegen den Anfang einer Crista ischiosacralis, welche bei Buceros nur sehr schwach, bedeutender bei Upupa, am meisten bei Cuculus vorspringt. Der folgende Wirbel ist durch seine rein transversal verlaufenden Querfortsätze ausgezeichnet. Sie setzen sich unmittelbar in die Crista ischiosacralis fort. Bei Cuculus und Upupa bildet dieser Wirbel den Abschluss des Sacrums, bei Buceros folgt ihm noch einer, der jedoch, den ersten Caudalwirbeln ähnlich, wieder schräg gerichtete Querfortsätze besitzt.

In den wesentlichsten Punkten mit den Coccygomorphen in Uebereinstimmung finde ich das Sacrum der Spechte. Da ich nur Picus, und zwar nur P. canus und P. viridis, untersuchen konnte, muss mein Urtheil bezüglich der von Huxley aufgestellten Abtheilung der Celeo-

Digitized by Google

morphae ein zurückhaltendes sein. Im ersten Abschnitte des Sacrums zähle ich wieder drei Wirbel, davon der erste eine Rippe besitzt. Dann folgen sechs der Fossa iliaca correspondirende Wirbel, davon der letzte wieder seinen Querfortsatz schräg abwärts gegen den Anfang der Crista ischiosacralis gerichtet hat. Genauer entspricht erst der nächste Sacralwirbel der genannten Crista, welcher mit noch einem den letzten Abschnitt des Sacrums bildet. Der letzte Wirbel scheint länger unverschmolzen zu bleiben, wenigstens finde ich es so an einem Skelete, das einem völlig ausgewachsenen Thiere angehört.

Bei Cypselus (C. apus) lässt der Sacraltheil des Beckens wieder den ersten Abschnitt mit drei Wirbeln unterscheiden, den ersten davon mit einer Rippe. Darauf kommen sechs ziemlich gleichartige Wirbel, die gegen die flache, aber ausnehmend breite Fossa iliaca gerichtet sind. Die Querfortsätze der beiden ersten sind kurz, vom dritten an werden sie länger, der des fünften und sechsten besitzt eine schräge Richtung. Der Querfortsatz des sechsten Wirbels dieser Gruppe vereinigt sich terminal mit dem letzten Sacralwirbel am Anfange einer schmalen und zarten Ischiosacralleiste. Bemerkenswerth ist noch, dass vom Acetabulum her eine Verdickung des sonst pelluciden Iliums gegen den dritten und vierten Wirbel der vorhin erwähnten Gruppe zieht.

Sehr nahe verwandtschaftliche Beziehungen zu den vorerwähnten bietet der Sacraltheil des Beckens der krähenartigen Vögel (Coracomorphae nach Huxley) dar. Bei den untersuchten Gattungen dieser ausgedehnten Abtheilung finde ich als allgemeinen Charakter des Beckens die ansehnliche Weite des hinteren Abschnittes. Der Sacraltheil kommt dorsal in seiner ganzen Länge zwischen den Ilia zum Vorschein. Die Spina iliocaudalis ist deutlich und bezeichnet den Anfang der Linea iliolateralis wie bei Cypselus. Auch ein Processus iliolateralis ist vorhanden, der bei Cypselus fehlt. Die Incisura iliocaudalis ist der bedeutenden hinteren Beckenbreite gemäss von grosser Weite, bald tief, bald seichter.

Im ersten Sacralabschnitte trifft man meist eine geringere Wirbelzahl als in anderen Abtheilungen. Vier Wirbel bei Corvus (C. corone, monedula, pica, glandarius) und Lanius, drei bei Turdus, Fringilla, Coccothraustes, Bombycilla, Alauda. Der nächste Abschnitt bietet sechs Wirbel dar bei Corvus, Lanius, Fringilla, Alauda, sieben bei Turdus und Bombycilla; die zwei ersten dieser Wirbel entbehren in der Regel des ventralen Schenkels des Querfortsatzes, doch finde ich bei einigen Exemplaren von C. corone auch bei einem Corvus monedula Andeutungen solcher vorderer Schenkel. Bei einem Exemplare von C. pica ist nur ein Wirbel in diesem Befunde. Bei Turdus sind die drei ersten

Wirbel dieser Gruppe ohne jene Fortsätze. Diese Wirbel sind wie be Fringilla und den Sylvien am Körpertheile durch paarige Impressione ausgezeichnet, die nach unten hin an Deutlichkeit abnehmen. Spure davon finden sich auch bei Bombycilla. Am dritten, bei Turdus un Bombycilla erst am vierten Wirbel dieser Gruppe, beginnen wiede vordere Schenkel der Querfortsätze aufzutreten, bald an einem, bal an zwei oder sogar an drei Wirbeln. An den hinteren Wirbeln sin diese mit den hinteren (dorsalen) Schenkeln verschmolzen, d. h. di Querfortsätze sind hier einfach. Im Ganzen waltet hinsichtlich diese Verhaltens eine grosse Mannichfaltigkeit, wobei es unthunlich ist, di beiden Acetabularwirbel sicher nachzuweisen. Wollte man den dritte und vierten Wirbel dieser Gruppe hieher rechnen, so wird man durc die grosse Unbeständigkeit des Verhaltens der Querfortsätze an diesem ganzen Abschnitte davon abgemahnt, und man wird den Versuch aufgeben müssen, wenn nicht neue Thatsachen zur Begründung jener Auffassung aufzudecken sind. Bevor wir zu jenen Thatsachen übergehen, wird es also nothwendig sein, von Vergleichungen der einzelnen Wirbel des fraglichen Sacralabschnittes Umgang zu nehmen.

II. Vergleichung.

Bei der Vorführung des anatomischen Materials ist zwar die Vergleichung der einzelnen Beckenformen unter einander, besonders bezüglich des Sacrums, mehrfach berücksichtigt worden, allein es bleibt noch das Wichtigste übrig und dies liegt in dem Aufsuchen des Zusammenhanges jener Beckenformen der Vögel mit denen anderer Wirbelthiere. Die hiezu aufzubietende Vergleichung wird nicht dabei stehen bleiben dürfen, in der grossen vertebralen Ausdehnung der Darmbeine und anderen Besonderheiten die Eigenthümlichkeit des Vogelbeckens aufzustellen, sondern wird nach den speciellen Homologien zu suchen haben, welche für die lateralen Beckentheile wenig schwierig und in den Hauptstücken längst bekannt, für die medianen dagegen erst noch festzustellen sein dürften. Dass ein Theil des thoracalen Abschnittes der Wirbelsäule, sowie der Lumbaltheil desselben zum Sacrum getreten ist, ist wohl nicht bestritten. Unsere Aufgabe ist daher auf das noch in Frage Befindliche gerichtet, welches denn die Wirbel seien, die, als ursprüngliche Beckenwirbel, jenen niederer Wirbelthiere (der Amphibien und der lebenden Reptilien) homolog zu deuten wären.

Durch die Untersuchung einer grösseren Anzahl von Vogelbecken wurde nachgewiesen, dass in fast allen Abtheilungen zwei Wirbel bestehen, welche durch manche Eigenthümlichkeiten sich auszeichneten,

Digitized by Google

vor Allem aber im Verhalten ihrer doppelten Querfortsätze zum acetabularen Theile des Iliums als constante Gebilde erscheinen. Durch die Vergleichung bei den einzelnen Abtheilungen konnten sie als homologe Theile nachgewiesen werden. Sie wurden vorläufig als Acetabularwirbel bezeichnet, da sie stets in der Nähe des Acetabulums, wenn auch mit ihrem Körper bald vor, bald hinter demselben gelegen waren. Die grosse Verbreitung dieser Wirbel in den einzelnen, oft sich sonst entfernter stehenden Abtheilungen der Vögel [1]) lässt an ihnen zunächst einen bedeutungsvollen Theil des Sacrums erkennen. Man kann diese Bedeutung in der ansehnlichen Stütze finden, welche die mächtigen Querfortsätze dem Pfannentheile des Beckens darbieten. Da aber dieses Verhalten nicht immer besteht und die Ausbildung der beiden Wirbel in sonst nahe verwandten Abtheilungen, bis in die Gattungen herab, eine ungleiche ist, wird von diesem auf Anpassung abzielenden Verhältniss abzusehen sein. Dabei möge man beachten, was oben über diese beiden Wirbel bei Tetrao urogallus und T. tetrix bemerkt wurde. Auch das ist von besonderer Wichtigkeit, dass sie individuelle Verschiedenheiten zeigen, wie für die in grösserer Anzahl untersuchten Becken der Tauben und Hühner nachgewiesen ward. Die vorderen Schenkel der Querfortsätze können an einem der beiden Wirbel rückgebildet erscheinen, oder auch zugleich fehlen, und damit hört die Auszeichnung, aber auch die functionelle Bedeutung auf, die man ihnen bei der Prüfung eines anderen Sacrums derselben Species zuschreiben möchte.

Mehr noch als durch diese Variabilität wird jene rein physiologische Auffassung in der Berechtigung zu dieser Deutung in Frage gestellt, durch embryologische Nachweise. Aus Untersuchungen am Hühnchen ergiebt sich, dass dieselben beiden Wirbel, von denen der vordere bei erwachsenen Thieren sehr häufig die vorderen Schenkel seiner Querfortsätze verliert, sehr ausgebildete Querfortsätze besitzen, die im Vergleiche zu denen der folgenden Wirbel auch beträchtlich länger sind (s. Fig. V). Jene beiden Wirbel tragen in früheren Zuständen sogar die mächtigsten Querfortsätze von allen Sacralwirbeln, und diese doppelschenkeligen Fortsätze sind jederseits viel früher in terminaler Verbindung, als diess bei den folgenden der Fall ist, die erst in den ersten Lebensmonaten ein ähnliches Verhalten eingehen.

Diese überwiegende Ausbildung der Querfortsätze der genannten

---

[1]) Sowohl bei Ratiten als Carinaten ergaben sie sich verbreitet und bei den letzten war das ursprüngliche Verhalten nur bei den Aegithognathae (Huxley) allgemein aufgelöst. Ihnen schliessen sich die Psittacomorphae und Coccygomorphae von der Huxley'schen Abtheilung der Desmognathae eng an.

Digitized by Google

Wirbel fand ich auch bei anderen Vögeln während des Embryonallebens oder auch in den ersten Jugendmonaten, so z. B. bei der Gans, dann bei Otis tarda, von welch' letzterer ich in Fig. XVIII das Becken eines ganz jungen Thieres zur Vergleichung mit Fig. XVII abbilde.

Aus der Thatsache einer bedeutenderen Ausbildung der zwei Acetabularwirbel während des Embryonallebens und eines allmählichen Stehenbleibens dieser Ausbildung, wodurch eine relative Rückbildung eingeleitet wird, glaube ich diesen Wirbeln eine phylogenetische Bedeutung zuschreiben zu dürfen. Sie erscheinen als Homologa von zwei Wirbeln, welche in der nächst unteren Abtheilung die einzigen Sacralwirbel sind. Diese Bedeutung sprechen sie ausser durch ihre fast allgemeine Verbreitung und ihr embryonales Uebergewicht auch durch die Stelle des Iliums aus, mit der sie sich verbinden.

Wenn nun diese beiden Wirbel ererbte typische Sacralwirbel sind, zu denen die vor und hinter ihnen liegenden sich als accessorische Sacralwirbel verhalten, so muss auch in dem Verhalten der bezüglichen Spinalnerven eine übereinstimmende Einrichtung zu finden sein. Meckel hat bereits den Eintritt des lumbaren Abschnittes der Wirbelsäule in die Zusammensetzung des Sacrums der Vögel aus dem Verhalten der Nerven erschlossen und Barkow[1]) ist ihm im Wesentlichen gefolgt, allein beide nehmen ausschliesslich ihre Beziehungen von den Säugethieren, speciell von dem Menschen her. Zur Unterscheidung eines für die Beurtheilung der übrigen Abschnitte des Sacrums nöthigen Ausgangspunktes ist daher aus jenen Angaben kein Anlass zu finden. Dazu wird vor Allem eine Untersuchung des Verhaltens der Sacralnerven zu den einzelnen Abschnitten des Sacrums nöthig sein.

Mit Beziehung auf die Sacralnerven habe ich bei einer Anzahl von Vögeln Untersuchungen angestellt und dabei Folgendes gefunden. Die zwei für die vorliegende Frage in Betracht kommenden Plexusse sind der Plexus cruralis und der Plexus ischiadicus. Der erstere setzt sich meist aus drei Nerven zusammen, die unter sich Ansae bilden. Der schliesslich gebildete Hauptstamm ist der N. cruralis. Aus der ersten Ansa geht dann noch ein nach dem Typus der Intercostalnerven sich verhaltender Nerv hervor und endlich entsendet dieses Geflechte noch den N. obturatorius, der übrigens auf verschiedene Art sich zusammensetzt. Am häufigsten finde ich ihn aus der zweiten Ansa hervorgehen.

Der dritte am Plexus cruralis betheiligte Nerv sendet gleich nach seinem Austritte aus dem Rückgratcanal einen Verbindungszweig zum

---

1) Op. cit. p. 8.

Digitized by Google

nächstfolgenden in den Plexus ischiadicus eingehenden Nerven und setzt damit die Schlingenbildung fort. Da dieser Theil des Nerven mit dem in den Plexus cruralis gehenden fast immer gleich stark ist, kann man den fraglichen Nervenstamm ebensogut dem Plexus ischiadicus zurechnen. Die beiden durch sofortige Theilung des Stammes entstehenden Zweige kann man so als cruralen und ischiadischen unterscheiden. Der ischiadische Zweig ist mit dem cruralen Zweig von gleicher oder doch ziemlich gleicher Stärke beim Huhn, bei der Gans, der Trappe, der Taube, dann bei Caprimulgus europaeus, Psittacus erythacus, dann bei der Elster und dem Nussheher. Der ischiadische Zweig ist schwächer bei Numenius phaeopus, Buteo vulgaris, Corvus corone, Ciculus aquaticus, Sturnus vulgaris, Picus virides und Cuculus conorus.

Der Hauptheil des Plexus ischiadicus wird aus den folgenden fünf Nervenstämmen gebildet, die an Stärke meist vom dritten bis zum letzten abnehmen. Beim Huhn und der Gans erscheint der erste etwas schwächer als der zweite. Bei der Trappe ist der dritte der stärkste. Stets ist der letzte der schwächste. Dieser giebt zugleich nur einen Theil, oft nicht einmal die Hälfte seiner Fasern zum Plexus ischiadicus, den anderen Theil abwärts zum Plexus pudendalis sendend. Der Ischiadicus empfängt also aus sechs Spinalnerven Elemente, vier führen sie ihm ausschliesslich zu, zwei nur theilweise, da der erste einen Zweig zum Pl. cruralis sendet, der letzte, wie vorhin gesagt, zum Pl. pudendalis. Von den vorhin aufgeführten Vögeln liessen einige eine Minderzahl von Nerven im Plexus ischiadicus wahrnehmen. Nur fünf Spinalnerven sind betheiligt bei Columba, wie auch bei Caprimulgus. Sieben Nerven finde ich dagegen beim Kranich. Ob dieses individuelle Verschiedenheiten sind oder nicht, muss ich dahin gestellt sein lassen, zumal es für unsere Aufgabe nicht ins Gewicht fällt.

Das Verhalten des ersten in den Plexus ischiadicus eintretenden Nerven, d. h. jenes aus dem letzten Nerven des Cruralgeflechtes kommenden Ramus communicaus zum Becken ist verschieden, bei den meisten untersuchten Vögeln läuft dieser Ramus communicans über den meist starken Querfortsatz des letzten Wirbels der ersten Sacralwirbelgruppe abwärts, um die aus den Intervertebralöffnungen an der Seite der zweiten Wirbelgruppe hervortretenden Hauptstämme zu erreichen, an deren ersten er sich anlagert. Man sehe das auf S. 201 im Holzschnitte Fig. 1 dargestellte Schema. Bei der Taube, beim Huhn, bei der Trappe und bei Numenius kommt jener erste Nerv aus dem ersten Intervertebralloche der zweiten Sacralwirbelgruppe. Sein Ramus communicans ischiadicus hat also keine Beziehungen zum erwähnten Querfortsatze,

dagegen läuft der R. comm. cruralis zu jenem Querfortsatz schräg empor. Daraus kann geschlossen werden, dass entweder der Nerv oder der Querfortsatz in einem inconstanten Verhalten sich findet. Da wir aber oben an vielen Beispielen gesehen haben, dass der fragliche Wirbel in Beziehung auf den Querfortsatz variabel ist, indem er bei Mangel von Querfortsätzen (resp. vorderer Schenkel) auch der zweiten Sacralwirbelgruppe angehören kann, so ergiebt sich das Verhalten des Nerven bezüglich des Verlaufs seiner beiden Aeste als ein secundäres, und wir werden für alle Fälle die Homologie dieses Nerven anerkennen dürfen.

Der letzte an dem Plexus ischiadicus betheiligte Nerv, derselbe, der auch einen Ramus communicans pudendalis entsendet, ist für uns der wichtigste, indem er stets zwischen jenen beiden Wirbeln austritt, die, anfänglich als Acetabularwirbel bezeichnet, alsdann als primitive Sacralwirbel gedeutet worden sind. Ich habe das beim Huhn, bei der Gans, der Trappe, der Taube und beim Bussard gefunden, also bei Repräsentanten sich sehr entfernt stehender Abtheilungen, woraus die Allgemeinheit des Verhaltens wohl ohne Gefahr gefolgert werden kann. Demnach ist der letzte zum Plexus ischiadicus gelangende Nerv der eigentliche Sacralnerv. Nach Feststellung dieses Verhaltens schliessen wir weiter auf diejenigen Vögel, deren Sacrum die beiden typischen Sacralwirbel nicht mehr deutlich zeigt, wie dies bei den Coracomorphae der Fall ist. Nehmen wir ein Beispiel am Becken der Elster, das oben (S. 193) beschrieben wurde (vgl. auch Fig. XXX). Hier verlässt der kritische Nerv den Rückgratcanal zwischen den in der Abbildung mit *a* und *b* bezeichneten Wirbeln, wir deuten daher diese beiden Wirbel als Homologa jener Wirbel, die bei anderen denselben Nerv durchlassen, der typischen Sacralwirbel, und haben damit einen festen Anhaltepunkt zur Beurtheilung der übrigen Wirbel erhalten, der uns sonst bei der ziemlichen Gleichartigkeit der nächst vorhergehenden, sowie der nachfolgenden Wirbel fehlen würde. Bei Anwendung des so zu Stande gekommenen Nachweises der primären Sacralwirbel ergiebt die Vergleichung mit dem Sacrum anderer Vögel, dass die zweite aus scheinbar ungleichartigen Wirbeln zusammengesetzte Gruppe des Sacrums der Elster sich in drei Wirbel auflöst, die vor den primären Sacralwirbeln liegen: in die zwei primären Sacralwirbel, und in zwei Wirbel, die hinter diesen liegen (Fig. XXX, 1′, 2′). Somit entstehen hier drei Unterabtheilungen, die denen anderer Vögel vollkommen entsprechen, ihre einzelnen Wirbel jedoch mehr gleichartig gestaltet erscheinen lassen und dadurch ein indifferentes Verhalten bieten.

Ich erkenne, dass es beim ersten Anblick etwas Widerstrebendes

Digitized by Google

haben mag, für die Auffassung der mehrerwähnten zwei Wirbel als primäre Sacralwirbel in der zwischen ihnen austretenden unansehnlichsten Wurzel des Ischiadicus einen neuen Beleg zu sehen. Man könnte vielmehr versucht sein, ungeachtet dieses Nervenverhaltens und in Berücksichtigung der übrigen vorerwähnten Thatsachen jene Deutung festzuhalten und den Beziehungen zu den Nervenwurzeln einen nur untergeordneten Werth beilegen, wenn man nicht gar einen Einwand gegen die gegebene Deutung schaffen will.

Dennoch muss ich erklären, dass aus dem Umstande, dass bei den Vögeln der bei weitem grösste Theil der den Ischiadicus zusammensetzenden Nervenwurzeln vor dem primären Sacrum den Wirbelcanal verlässt, keineswegs ein Einwand, vielmehr sogar eine Stütze für fragliche Deutung erwächst. Diesen Satz begründe ich auf die Vergleichung mit dem bezüglichen Nervenverhältniss bei den Reptilien.

Bei den Crocodilen setzt sich der Ichiadicus aus drei Nervenwurzeln zusammen. Die bei weitem stärkste tritt zwischen den beiden Sacralwirbeln hervor, mit ihr verbindet sich noch ein schwacher Ast vom vorhergehenden[1]) und ein gleicher vom nachfolgenden Nerven. Bei den Schildkröten bilden nach Bojanus vier Nervenwurzeln den Plexus ischiadicus, zwei praesacrale, eine sacrale und eine postsacrale. Die erste praesacrale ist nur ein schwacher Zweig eines mit seinem grössten Theile zum Cruralgeflechte tretenden Nerven, die zweite ist die stärkste, worauf der etwas schwächere Sacralnerv und endlich die fast gleich starke postsacrale Nervenwurzel folgt.

Bezüglich der Zahl der Nervenwurzeln des Ischiadicus schliessen sich die Eidechsen enger an Crocodilus an. Ich finde bei vier in dieser Hinsicht untersuchten Repräsentanten stets drei Wurzeln, eine sacrale und zwei praesacrale. Im Holzschnitt Fig. 2 ist dies Verhältniss schematisch dargestellt. Die unmittelbar vor dem ersten Sacralwirbel austretende ist die stärkste. Bei Chamaeleo vulgaris ist auch die sacrale Wurzel noch mächtig, wenn auch schwächer als die vorhergehende. Bei Lacerta viridis, Uromastix spinipes und Grammatophora barbata

---

1) Jener erste Praesacralnerv spaltet sich gleich nach seinem Austritte in zwei fast gleiche Aeste, der eine davon ist der in den Ischiadicus gelangende, der andere vereinigt sich mit einem Zweige des vorhergehenden zu einem zwischen den beiden ventralen Beckenknochen durchtretenden, zum Theil an Muskeln an der Innenfläche des Oberschenkels endenden Nerven, der einem N. obturatorius zu entsprechen scheint. Daraus möchte ich schliessen, dass die vorderen jener Beckenknochen, die von manchen Autoren als Schambeine bezeichnet werden, in der That solche sind, ungeachtet des ganz abweichenden Verhaltens zur Pfanne des Hüftgelenkes.

Digitized by Google

finde ich den Sacralnerven bedeutend schwach und nur zum kleinsten Theile, mit einem ganz feinen Fädchen nämlich, zum Plexus ischiadicus gelangend. Bei Lacerta agilis ist ausserdem die bedeutende Mächtigkeit der beiden Praesacralnerven bemerkenswerth, von denen der erste, vorderste, stets einen Ast zum Cruralgeflechte abgiebt. Dieser Ast ist in demselben Maasse schwach, als der andere zum Ischiadicus tretende stark ist. Ziemlich gleich stark sind beide Aeste bei Grammatophora und Chamaeleo.

Bei Ordnung dieser Thatsachen ergiebt sich für Crocodilus ein Vorwiegen des eigentlichen Sacralnerven, und damit ein Verhalten, welches insofern als niederes bezeichnet werden kann, als sich das gleiche bei Amphibien wiederfindet. Ich treffe beim gefleckten Salamander den Plexus ischiadicus aus drei Wurzeln gebildet. Die vorderste ist schwach und entsteht aus der Theilung des vor dem einzigen Sacralwirbel austretendem Nerven, die zweite Wurzel bildet den Hauptstamm und tritt zwischen dem Sacralwirbel und dem nächstfolgenden Wirbel aus, die dritte Wurzel endlich ist nur ein dünnes, vom nächstfolgenden Nerven kommendes Fädchen. Wenn wir den einzigen Sacralwirbel der Amphibien dem ersten Wirbel des zweiwirbeligen Sacrums der Reptilien für homolog halten, wie kaum anzuzweifeln sein dürfte, so ist auch jene stärkste Ischiadicuswurzel von Salamandra der vom Crocodile homolog.

Eine Ausdehnung seiner Wurzelreihe bietet der Plexus ischiadicus der Schildkröte. Die sacrale Wurzel herrscht nicht vor, wenn sie auch zugleich mit einer postsacralen stark ist. Zwei praesacrale Wurzeln sind zugetreten, davon eine die mächtigste aller ist.

Das Verhalten bei den Eidechsen lässt sich an jenes der beiden anderen Abtheilungen anknüpfen. Vor Allem ist die Betheiligung postsacraler Nerven am Plexus ischiadicus gänzlich aufgehoben. Ein bei den Schildkröten starker, beim Crocodil schwacher Stamm sendet bei den Eidechsen gar keine Fäden zum Ischiadicus. Der Sacralnerv, sehr stark beim Crocodil und der Schildkröte, ist bei Eidechsen meist ein schwaches Stämmchen [1]), welches am Plexus ischiadicus sich nur mit einem feinen Zweige betheiligt (Grammatophora, Uromastix, Lacerta). Da nicht nachzuweisen ist, ob jener Zweig im Ischiadicus bleibt oder, was eben so möglich, die Bahn des Geflechtes sofort wieder verlässt, so

---

1) Zu den oben von mir aufgeführten Gattungen kann bezüglich des Verhaltens des Plexus ischiadicus auch Gecko treten, von dem (G. verus) von Huxley die schwächere Beschaffenheit des zwischen den beiden Sacralwirbeln austretenden Nerven erwähnt wird. Proc. zoolog. Soc. London 1869. S. 117, Anmerkung.

Digitized by Google

ist die Beziehung des Sacralnerven zum Ischiadicus überhaupt fraglich. Wenn sie in der That besteht, so ist sie aber bestimmt unbedeutend, und das Ueberwiegen der praesacralen Nervenwurzeln im Ischiadicus ist jedenfalls ausser allem Zweifel.

In diesem Ueberwiegen praesacraler Nerven bei der Zusammensetzung des Ischiadicus der Eidechsen haben wir einen festen Anknüpfungspunkt mit dem Verhalten bei den Vögeln gefunden. Vergleichen wir das Verhalten des letzten am Ischiadicus betheiligten Nerven, so finden wir, wie der bei Eidechsen unzweifelhafte Sacralnerv bei den Vögeln zwischen zwei Wirbeln austritt, die durch das Verhalten ihrer Querfortsätze theils in Jugendzuständen, theils auch später, als Homologa der beiden Sacralwirbel der Reptilien sich deuten liessen. Ist durch die Homologie des Nervenverhaltens jene der Wirbel an einem Abschnitte bestärkt, so ergiebt sich die Vergleichung der übrigen Theile ohne grössere Schwierigkeit. Eidechsen wie Vögel stimmen darin überein, dass der schwache Sacralnerv meist nur einen unbedeutenden Zweig zum Ischiadicus sendet, der keine postsacrale Nervenwurzeln empfängt. Der Ischiadicus setzt sich bei beiden vorwiegend aus praesacralen Wurzeln zusammen. Diese sind geringer an Zahl bei den Eidechsen, grösser bei Vögeln (vergl. vorstehenden Holzschnitt). Bei Eidechsen geht ein ganzer Praesacralnerv und ein Theil eines anderen Praesacralnerven in den Ischiadicus über, bei den Vögeln stellen fast allgemein vier ganze Praesacralnerven und ein Verbindungszweig eines anderen die Wurzeln des Ischiadicus dar. Die Zahl der praesacralen Ischiadicuswurzeln ist also bei den Vögeln im Vergleiche mit den Reptilien vermehrt. Darin liegt die wesentlichste Verschiedenheit

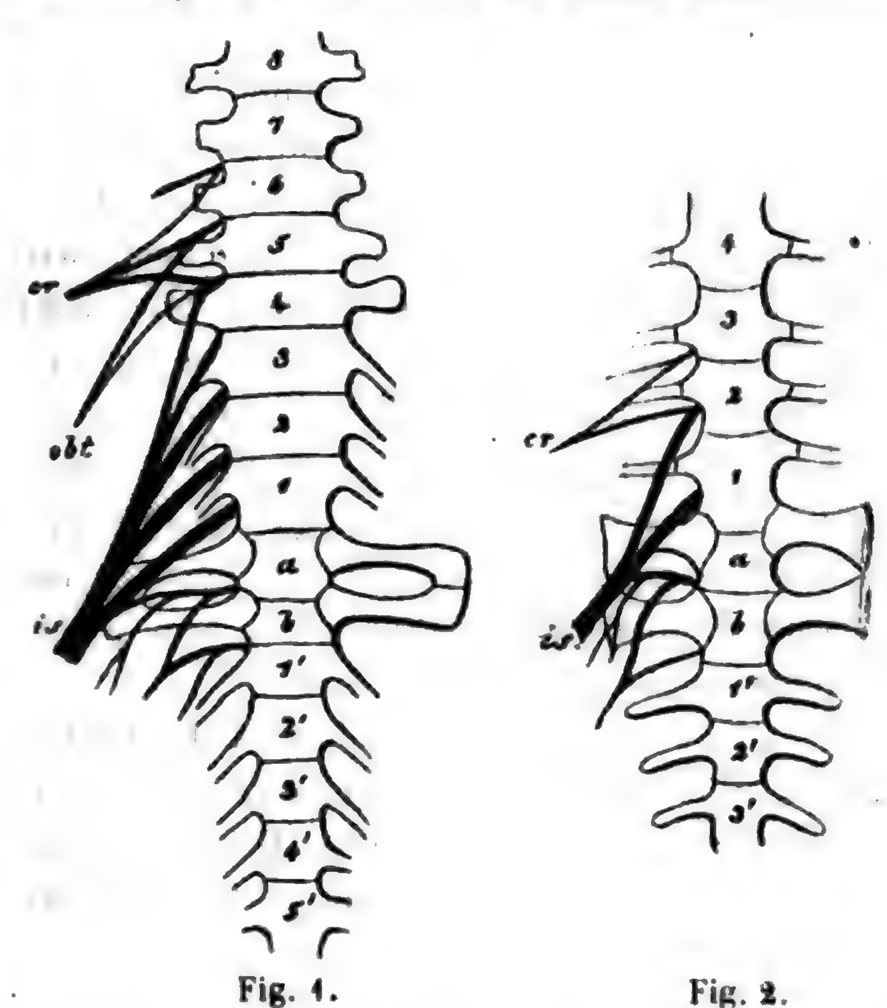


Fig. 1. Fig. 2.

Digitized by

der bezüglichen Nervengeflechte beider Abtheilungen, eine Verschiedenheit, die übrigens nicht so gross ist, als die innerhalb der Classe der Säugethiere bestehende [1].

Mit der Feststellung des primären Sacrums sind die vor und hinter ihnen liegenden Abschnitte bestimmbar geworden. Was zunächst den postsacralen Theil des als Sacrum aufgefassten Wirbelcomplexes der Vögel betrifft, so wird er dem vorderen caudalen Abschnitte der Wirbelsäule der Reptilien entsprechen müssen. Seine Wirbel sind ursprüngliche Caudalwirbel, wie sie denn auch in solche allmählich übergehen. Die Querfortsätze sind einfach, durch ihre Beziehungen zum Ilium terminal verbreitert. Selten ist auch der Querfortsatz des vordersten Wirbels durchbohrt und ist damit den primären Sacralwirbeln wenigstens ähnlich geworden (z. B. beim Kranich). Diese Erscheinung der gestaltlichen Assimilirung von Skelettheilen mit benachbarten, ursprünglich verschiedenen, ist eine sehr verbreitete, bis jetzt noch wenig beachtete. Sie ist um so wichtiger, als durch sie die morphologische Bedeutung der Theile oft in tiefes Dunkel gehüllt wird. Am Becken der Vögel trifft sie ebenso die Sacralwirbel, die sie den Caudalwirbeln ähnlich formt. Wenn die postsacralen Beckenwirbel ursprünglich Caudalwirbel sind, so erleiden sie ausser der Verschmelzung auch noch Differenzirungen. Sie sondern sich nämlich in zwei, je aus meist mehreren Wirbeln bestehende Gruppen, eine vordere mit schwachen und eine hintere mit stärkeren Querfortsätzen versehene, in Anpassung an das anstossende Ilium, dessen bei den meisten Vögeln als Ischiosacralleiste bestehender Vorsprung von jenen Querfortsätzen mediale Stützen empfängt.

Was den praesacralen Complex der Beckenwirbel betrifft, so wird dieser zunächst der Lumbarregion, und, soweit er ansehnliche Rippen trägt, der Thoracalregion der Wirbelsäule zuzutheilen sein, wie er denn auch so von den meisten Autoren, freilich mit unsicherer hinterer Abgrenzung, aufgefasst wurde.

Die beiden an dem praesacralen Theile der Beckenwirbelsäule bestehenden Hauptabschnitte unterscheiden sich vorzüglich nach dem Verhalten der Querfortsätze. Am unmittelbar praesacralen Abschnitte, jenem, welcher die Mehrzahl der ischiadischen Wurzeln austreten lässt,

---

1) Während beim Menschen fünf Nerven den Pl. ischiadicus bilden helfen: ein Theil des vorletzten, der ganze letzte Lumbalnerv, zwei ganze Sacralnerven und ein Theil vom dritten Sacralnerv, sind z. B. bei der Katze nur drei Nerven in Verwendung. Ein Theil des vorletzten der letzte Lumbalnerv und ein Theil des ersten Sacralnerven. Hier herrschen also praesacrale Nerven vor, beim Menschen dagegen sacrale.

Digitized by Google

sind nur obere von den Wirbelbogen ausgehende Querfortsätze vorhanden, es ist das derselbe Abschnitt, der nach Huxley als »sacral« bezeichnet werden müsste, den ich aber den oben gegebenen Erörterungen gemäss als lumbaren deute. Der vor ihm liegende vorderste Beckenwirbelcomplex steht mit ihm in enger Wechselbeziehung. Es ist oben mehrfach darauf hingewiesen worden, dass innerhalb nahe verwandter Gruppen (Gattungen und Arten) die Wirbelzahl für beide praesacrale Wirbelcomplexe meist gleich ist, dass aber beide Complexe in der Wirbelzahl insoweit variiren, dass die Zahl in dem einen Complexe um ebensoviel abnimmt, als sie in dem anderen gewachsen ist. Das bezeugt, dass die Scheidung beider Complexe keine sehr tiefe ist, jedenfalls minder tief, als es sich dem Auge durch die bedeutende Entwickelung vorderer Querfortsatzschenkel am ersten Complexe aufdrängen mag. In dem nächsten praesacralen Complexe der Wirbelsäule ergiebt sich durch die Beziehung zur Lendenanschwellung des Rückenmarkes eine bedeutende Erweiterung des bezüglichen Theiles des Rückgratcanals (s. Fig. VI), die auch äusserlich durch grössere Breite der Wirbel sich bemerkbar macht. Bei jungen Vögeln ist das Volum dieses Abschnittes bedeutender als bei erwachsenen, wie aus Vergleichung einiger Messungen, die ich zu diesem Zwecke angestellt habe, hervorgeht. Die Länge des genannten praesacralen Abschnittes der Beckenwirbelsäule verhält sich beim nahebei reifen Hühnchenembryo zur Länge der gesammten Beckenwirbelsäule wie 6 : 25, beim erwachsenen dagegen wie 6 : 39. Bei der Gans finde ich Längenverhältnisse jener Theile kurz nach dem Auskriechen aus dem Ei wie 2 : 15, beim erwachsenen Vogel 2 : 22. Es findet also diesen Zahlen gemäss ein verschieden starkes Wachsthum der einzelnen Abschnitte der Beckenwirbelsäule statt, und für jenen praesacralen Abschnitt, der die Wurzeln des Ischiadicus entsendet, ist es geringer als an den übrigen. Man wird das als eine Zusammenziehung des Lumbartheiles bezeichnen dürfen. Auch die relative Breite dieser Wirbel vermindert sich. Beim oben erwähnten Hühnchen verhielt sie sich im Verhältniss zur Länge der gesammten Beckenwirbelsäule wie 2 : 10, beim Erwachsenen 2 : 17. Beim Gänschen verhielten sich diese Maasse wie 2 : 12; beim erwachsenen Vogel 1 : 12.

Zu den Eigenthümlichkeiten des praesacralen Abschnittes ist noch die Veränderung der Foramina intervertebralia zu zählen. Diese sind anfänglich längs der Beckenwirbelsäule einfache ovale Löcher, die allmählich zu Querspalten sich umgestalten. Sie bleiben in diesem Zustande an dem die Ischiadicuswurzeln durchlassenden Abschnitte kürzere Zeit als an den übrigen Theilen, indem die Spalte sich in der

Digitized by Google

Mitte verengert und schliesslich in zwei durch eine Knochenbrücke getrennte Oeffnungen getheilt wird. Allmählich erstreckt sich dieser Vorgang über die gesammte Beckenwirbelsäule, und nur einige der Foramina intervertebralia an den beiden Enden des Gesammtsacrums bleiben einfach fortbestehen. Da dieser Theilungsvorgang erst mit dem Verwachsen der Wirbel auftritt, dürfte er als ein sehr spät, wohl erst innerhalb der Classe erworbener anzusehen sein. Das gilt auch vom Verwachsen der Wirbel, wobei der Umstand, dass die Verschmelzung an den praesacralen Wirbeln beginnt und von da nach vorn wie nach hinten fortschreitet, seine für die ursprüngliche Sacralnatur dieser Wirbel etwa zu verwerthende Bedeutung völlig einbüsst.

Hinsichtlich der doppelten Querfortsatzschenkel des vordersten praesacralen Beckenwirbelcomplexes ist zu bemerken, dass das Verhältniss zu Rippenrudimenten keineswegs so einfach ist, wie es aus der Thatsache hervorgehen möchte, dass die vordersten dieser Wirbel, welche Rippen tragen, einfache Querfortsätze, die hinteren rippenlosen dagegen deren doppelte besitzen. Im beschreibenden Theile ist mehrfach erwähnt worden, dass die der Beckenwirbelsäule angefügten Rippen meist auf verschiedene Weise sich verbinden. Die erste meist mittels Capitulum am Körper des Wirbels und mit Tuberculum ans Ende des Querfortsatzes. So können auch mehrere Rippenpaare befestigt sein. Sehr häufig verliert das letzte Rippenpaar die Körperverbindung und damit den Hals, so dass es nur mittels Tuberculum dem Querfortsatz angefügt ist (vergl. bei Sarcorhamphus Fig. XXVI). Dieser Querfortsatz ist demnach einschenkelig. Man könnte dieses Verhältniss dahin erklären, dass die Einfachheit des Querfortsatzes aus dem verloren gegangenen Rippenhalse resultirt. Dem steht aber entgegen, dass der vordere Schenkel des nächstfolgenden, etwa getheilten Querfortsatzes sich an seinem vorderen Abschnitte genau so verhält, wie der vorhergehende noch ungetheilte, der keine Andeutung zeigt, dass ihm etwas abhanden gekommen sei. Daraus mögen sich zunächst Zweifel erheben an der Rippennatur der vorderen Schenkel der doppelten Querfortsätze. Diese Zweifel werden bestärkt durch die Thatsache, dass auch an rippentragenden Wirbeln der Querfortsatz durchbrochen sein kann und wenigstens an seiner Wurzel einen vorderen und einen hinteren Schenkel unterscheiden lässt. Ich finde das am ersten Beckenwirbel von Tetrao tetrix. Auch in mannichfachen, meist unregelmässigen Durchbrechungen der Querfortsätze rippentragender Beckenwirbel von Raubvögeln ist Gleiches zu finden. Mehr lehrt die Vergleichung des Verhaltens der fraglichen Querfortsätze untereinander. Beim Huhn (Fig. XXX) articuliren Rippen mit den beiden ersten Beckenwirbeln, deren Quer-

Digitized by Google

fortsätze einfach sind (8, 9). Das terminale Querfortsatzende des ersten (9) trägt die Gelenkfläche (*g'*) für das Rippenhöckerchen und ausserdem eine breitere Fläche zur Verbindung mit dem Ilium. Am folgenden Wirbel (8) ist das Querfortsatzende senkrecht verbreitert, und nur ein Theil (*g'*) ist zur Rippenarticulation verwendet. Der dritte Wirbel zeigt seinen Querfortsatz dem vorhergehenden ähnlich, nur noch mehr dorsalwärts verbreitert, und am nächsten (6) ist die Verbreiterung auch ventralwärts ausgedehnt. Dabei ist der Querfortsatz an seiner Wurzel in der Mitte derart verdünnt, dass ein Zerfallen in einen dorsalen und ventralen Schenkel sich andeutet. Solches ist am letzten Wirbel (5) dieses Complexes vollzogen, der Querfortsatz besitzt die beiden Schenkel, deren Zusammengehörigkeit durch eine zwischen ihnen verlaufende Crista ausgedrückt wird. Der dorsale Schenkel (*d*) ist mit den Querfortsätzen des folgenden Wirbelcomplexes in Einer Reihe gelagert, der ventrale (*v*), wie vom Wirbelkörper entspringend, scheint den ventralen Schenkeln der beiden Sacralwirbel (*a*, *b*) homolog zu sein. Dass dieser ventrale Schenkel (*v*) kein Rippenrudiment repräsentirt, wird ausser der Vergleichung mit den Querfortsätzen der vorhergehenden Wirbel noch durch den Ossificationsprozess erwiesen. Sämmtliche Querfortsätze des präsacralen Wirbelcomplexes ossificiren wie auch jene des postsacralen (oder caudalen) von den Wirbelbogen aus, und davon macht der fragliche Wirbel (5) keine Ausnahme. Die Verknöcherung schreitet vom Bogen aus gleichmässig auf die beiden Schenkel, sowie auf die beide verbindende Crista fort. Die letztere ist bei jungen (zwei bis drei Monate alten) Thieren viel stärker als später, und zeigt damit auf eine ursprünglich innigere Verbindung beider Schenkel hin. Ihr freier Rand läuft dann knorpelig in die knorpeligen Enden der beiden Schenkel über, so dass also Alles die Verdoppelung des Querfortsatzes als eine allmähliche, durch Verbreiterung eingeleitete Spaltung eines ursprünglich einfachen Querfortsatzes erscheinen lässt. Ausser beim Huhn habe ich auch bei der Gans, sowie beim Bussard jenes Verhältniss gefunden, wobei besonders beim Bussard die Ossification als ausschlaggebend erachtet werden muss, da hier wie bei den meisten Raubvögeln die vorderen Querfortsatzschenkel praesacraler Beckenwirbel grosse Aehnlichkeit mit Rippenrudimenten sich angeeignet haben. Zugleich kann hier der Nachweis einer Theilung durch Vergleichung in der Reihe nicht geliefert werden, da an allen betreffenden Wirbeln beiderlei Querfortsätze von einander getrennt entstehen. Dagegen ist bei der Gans eine ähnliche Reihe von Uebergangsformen wie beim Huhn bemerkbar. Bei anderen Gattungen, z. B. Tetrao, kommt es bei der

einen Art gar nicht zu einer solchen Sonderung, indess sie bei der anderen sich vollzieht (vergl. hiemit oben S. 166).

Diese Verhältnisse zusammenfassend finden wir also im ersten praesacralen Abschnitte hinter den vordersten rippentragenden Wirbeln

1) solche, deren Querfortsätze sämmtlich einfach bleiben, unter Verdickung oder Verbreiterung, z. B. Tetrao urogallus;

2) solche, die verbreiterte Querfortsätze besitzen, bis dann die letzten oder der letzte den Querfortsatz völlig getheilt hat, z. B. beim Huhn;

3) finden sich Wirbel, die sämmtlich getheilte Querfortsätze besitzen, z. B. bei Tagraubvögeln.

Während im ersten Falle der als ursprünglich anzunehmende Zustand sich forterhält, bietet sich im zweiten eine Umbildung dar, die theils aus der Vergleichung der Wirbelreihe, theils auch aus den Entwickelungsvorgängen am Individuum wahrnehmbar ist. Diese zur Theilung eines Querfortsatzes in einen vorderen und hinteren Schenkel führende Veränderung hat sich in der dritten Reihe an allen betreffenden Wirbeln vollzogen. Da hier die Uebergangsformen fehlen, hat sich der Zustand am weitesten vom ursprünglichen Verhalten entfernt, und nur der an den vorderen Schenkeln mit den hinteren gleiche Verknöcherungsmodus wahrt ersteren den Charakter als Querfortsätze, und verhütet ihre Verwechselung mit Rippenrudimenten, denen sie durch eine Rippenhälsen ähnliche Lagerung verglichen werden möchten.

Die ventralen Querfortsatzschenkel der praesacralen Beckenwirbel sind demnach wie die dorsalen nur Differenzirungsproducte der ursprünglich einfachen Querfortsätze.

Das diese Sonderungsvorgänge Bedingende wird in Anpassungen zu suchen sein. Mit der mächtigen Ausbildung des vorderen Darmbeintheiles findet dieser an jenen Querfortsätzen eine feste Stütze, die zugleich die schwache Verbindung mit dem zweiten Praesacralcomplexe aufwiegt. Die geringe Entwickelung der einfachen, nur dorsal entspringenden Querfortsätze dieses Abschnittes mag wohl mit den hier austretenden starken Nervenstämmen, für deren Geflechte jene Querfortsätze ein Dach bilden, in Zusammenhang stehen.

Anders als am praesacralen Abschnitte verhalten sich die doppelten Querfortsatzschenkel am ursprünglichen sacralen Abschnitte der Beckenwirbelsäule. Noch nicht vollständig ossificirte Becken lassen erkennen, dass die Verknöcherung für beiderlei Schenkel eine verschiedene ist. Während die dorsalen wieder vom Wirbelbogen ossificiren, ist die Verknöcherung für die vorderen eine selbstständige, nahe an der Mitte des

Digitized by Google

spangenartigen Knorpelstückes beginnend. Am zweiten Wirbel geht die Verschmelzung mit dem Körper früher vor sich als am ersten. Die selbstständige Ossification dieser ventralen Querfortsätze lässt sie von ähnlichen Verdoppelungen der Querfortsätze unterscheiden, die zuweilen am ersten Postsacralwirbel vorkommen, denn hier werden beiderlei Schenkel vom Wirbelbogen aus ossificirt. Nur selten habe ich an dem ersten postsacralen Wirbel eine selbstständige Ossification des ventralen Schenkels beobachtet (z. B. bei der Gans).

Auf der Thatsache der selbstständigen Ossification der ventralen Querfortsatzschenkel an den beiden primären Sacralwirbeln fusst zunächst die Nothwendigkeit, sie anders zu deuten, als ähnliche Bildungen an anderen Wirbeln. Diese andere Deutung kann aber wohl nur darin gefunden werden, dass man sie als Rippenrudimente ansieht. Demnach sind an der Beckenwirbelsäule der Vögel nur an den beiden primären Sacralwirbeln Rippenrudimente erhalten, die auch bei einzelnen kleineren Gruppen Rückbildungen unterliegen.

Dass sich am primären Sacrum der Vögel ausser den Querfortsätzen und theilweise davon getrennt noch Rippenrudimente erhalten haben, indess bei den lebenden Reptilien scheinbar einfache Fortsätze vorkommen, bildet eine Eigenthümlichkeit, welche erst bei tieferem Eindringen in die Phylogenese klar werden wird. Durch die Vergleichung der querfortsatzartigen Bildungen am Sacrum anderer Wirbelthiere ist jedoch schon jetzt einiges Verständniss zu gewinnen.

Bei den Eidechsen erscheinen die lateralen Fortsätze der beiden Sacralwirbel am schwersten zu verstehen, da sie bei der Vergleichung mit dem praesacralen Wirbelsäulenabschnitte den dort befindlichen Rippen, bei der Vergleichung mit der postsacralen Wirbelsäule den hier sehr mächtigen Querfortsätzen homolog gelten können. Man würde also hier zu dem Ergebnisse der Homologie von Rippen und Querfortsätzen kommen, und es würden die bezüglichen Fortsätze der Sacralwirbel beliebig aufzufassen sein. Es ist klar, dass dies keine Lösung der Frage wäre. Dass die Querfortsätze an der Caudalwirbelsäule, wenigstens soweit an letzterer die sogenannten unteren Bogen vorkommen, nicht als Rippen angesehen werden können, ist sicher, sobald jene unteren Bogen die Bedeutung von Rippen haben. Die Rippennatur der unteren Bogen glaube ich bereits früher[1]) nachgewiesen zu haben. Demnach müssen diese Zustände bei den Eidechsen vorläufig ausser Frage bleiben, bis die Entwickelungsweise der bezüglichen Theile Anknüpfungspunkte aufdeckt.

1) Jenaische Zeitschrift. Band III. S. 406.

Digitized by Google

Günstiger verhalten sich die Crocodile, bei denen der Ossificationsgang auch später noch erkennbar ist. Beim Alligator bestehen noch vier Lumbalwirbel, an denen die Querfortsätze keine Rippen tragen. Ein Rippenrudiment trägt schon das Ende des Querfortsatzes des nächst vorhergehenden Wirbels. Die Querfortsätze nehmen dabei von vorn nach hinten an Länge wie an Stärke ab. Auffallend klein ist der letzte. Diese Querfortsätze verknöchern sämmtlich von den Bogen aus, wie ich mich an ganz jungen Thieren überzeugen konnte. Die Bogen bleiben vom Wirbelkörper lange Zeit, wie es scheint bis ins hohe Alter, durch eine Naht abgegrenzt. Anders verhalten sich die querfortsatzartigen Gebilde der beiden Sacralwirbel. Diese sind nicht in continuirlicher Knochenverbindung mit dem Wirbel, sondern fügen sich der Seite des Wirbelkörpers und auch der Wurzel der Bogen gleichfalls durch eine Naht an. Die Verbindungsstelle mit der Bogenwurzel entspricht genau der Stelle, an der die lumbaren Querfortsätze entspringen. An den beiden ersten Caudalwirbeln sind wieder die Querfortsätze nur in Nahtverbindung mit den Wirbeln, während sie bei den übrigen Caudalwirbeln der Naht entbehren, also direct vom Wirbel entspringen. Beachtenswerth ist besonders, dass die Nahtverbindung der Querfortsätze da aufhört, wo die unteren Bogen beginnen; dies ist einfach so zu erklären, dass da, wo freie Rippen (untere Bogen) auftreten, keine verschmolzenen mehr vorkommen können.

Durch die Verkümmerung des letzten lumbalen Querfortsatzes, sowie durch die selbstständige, nicht von den Bogen wie sonst erfolgende Ossification der Querfortsätze der Sacralwirbel wie der folgenden zwei Wirbel geht hervor, dass die ganze Kategorie von querfortsatzartigen Bildungen nicht jener der ächten Querfortsätze angehört. Beachten wir ferner, dass der Lateralfortsatz des ersten Sacralwirbels sich an einer dem Querfortsatze des letzten Lumbalwirbels entsprechenden Stelle befestigt, dass dieser Wirbel somit noch einen, wenn auch sehr kurzen Querfortsatz besitzt, so wird die Folgerung nothwendig, dass die fraglichen vier Querfortsatzpaare keine wahren Querfortsätze sein können, dass sie vielmehr Rippen vorstellen. Dass die darauf folgenden Querfortsätze sich den querfortsatzartigen Rippen ähnlich verhalten, ist wiederum eine Anpassung. Diese Verbindung von Rippenpaaren mit der Wirbelsäule ist übrigens keine gleichartige, denn an der ersten sacralen Rippe sind noch zwei Abschnitte der Verbindungsstelle unterscheidbar, einer, der den Wirbelkörper betrifft und sich zwischen den ersten Praesacralwirbel und den ersten Sacralwirbel bettet, und ein anderer, der den Anfang des Bogens mit dessen Querfortsatzrudiment betrifft. Zwischen beiden Ver-

Digitized by Google

bindungsstellen zieht sich vorn auf die Rippe eine tiefe Grube hin. In all' diesem sehe ich die doppelte Verbindung einer Rippe mittels Capitulum am Wirbelkörper, und zwar, wie auch sonst in der Regel, intervertebral, und mittels Tuberculum an einem Querfortsatz. Die Verkümmerung des letzteren hat beide Verbindungsstellen zusammengeschoben, so dass ein Rippenhals hier nicht existirt, aber die Deutlichkeit des ursprünglichen Verhaltens ist damit nicht beeinträchtigt. Mehr modificirt ist es dagegen an der Sacralrippe. Der Halsabschnitt ist mehr zusammengezogen, sowie auch das Querfortsatzrudiment des Wirbelbogens weniger deutlich ist. Der dem Capitulum entsprechende Theil hält sich mehr lateral am Wirbelkörper und hat die intervertebralen Beziehungen ganz aufgegeben. Die Verbindung ist sogar bis dicht an den ersten Postsacralwirbel gerückt, während sie vom ersten Sacralwirbelkörper viel weiter entfernt liegt. Dies steht wohl mit der terminalen, das Ilium tragenden Verbreiterung dieser Rippen in causalem Zusammenhang. An den folgenden beiden Rippen ist die Eigenthümlichkeit der Verbindungsweise noch mehr verwischt, und es ist überhaupt nur die blosse Nahtverbindung zwischen Wirbelkörper und Bogen, welche diese Theile ausser der successiven Vergleichung mit den beiden Sacralwirbeln als von den Querfortsatzbildungen der übrigen Caudalwirbelsäule verschiedene Bildungen beurtheilen lässt.

Für unsere Zwecke haben wir demnach die Thatsache so viel als möglich festzustellen vermocht, dass bei Crocodilen das Ilium ausschliesslich mittels zweier Rippenrudimente an die beiden Sacralwirbel befestigt wird. Inwiefern bei den Eidechsen die sacralen Querfortsätze eine gleiche Deutung zulassen, wage ich keineswegs festzustellen, halte aber für wahrscheinlich, dass man es hier ebenfalls mit Rippen zu thun hat.

Während also bei Reptilien (Crocodilen) die queren Ansätze der Sacralwirbel nur durch Rippen vorgestellt sind, treten bei den Säugethieren noch ausgebildete Querfortsätze in Mitbetheiligung. Als Rippenrudimente müssen nämlich jene Ossificationen gedeutet werden, welche im Knorpel der seitlichen Massen der Sacralwirbel auftreten und vor dem von den Bogen aus ossificirenden Theile lagern, der unzeifelhaft den Querfortsatz vorstellt. In einzelnen Ordnungen ergiebt sich eine beträchtliche Verschiedenheit, auf die hier nicht eingegangen werden soll. Beim Menschen, wo jene Ossificationen am Genauesten bekannt sind, kommen sie an den drei ersten Sacralwirbeln vor, zuweilen, wie

ich finde, auch am vierten[1]). Am ersten Sacralwirbel bleibt jenes Rippenstück am längsten vom Wirbel getrennt, früher verschmilzt es am zweiten Sacralwirbel und noch früher je am dritten und vierten[2]).

---

1) In QUAIN's Elements of Anatomy, 7th edition, Vol. I, S. 19, wird des Vorkommens eines besonderen Knochenkernes am vierten Sacralwirbelquerfortsatze gleichfalls Erwähnung gethan.

Die Deutung dieser den Querfortsätzen und Wirbelkörpern unmittelbar angefügten, selbstständig ossificirten Elemente als Rippen hat bei E. HASSE und W. SCHWARCK Widerspruch gefunden. (Studien zur vergleichenden Anatomie der Wirbelsäule, insbesondere des Menschen und der Säugethiere in den von C. HASSE herausgegebenen anatomischen Studien S. 70.) Als Gründe werden aufgeführt: »Einmal finden wir in der gesammten Wirbelthierreihe niemals eine Unterbrechung in der Aufeinanderfolge der Rippen. Diese treten nicht plötzlich an einer Stelle auf, um dann zu verschwinden und an einer anderen Stelle wieder aufzutauchen, und diess müsste hier der Fall sein, denn an den Lendenwirbeln lassen sich keine Rippen oder Rippenrudimente nachweisen, höchstens unter abnormen Verhältnissen am ersten. Dann lässt sich noch als Grund gegen die Annahme von Rippen am Kreuzbein der Umstand anführen, dass bei den meisten Wirbelthieren der Beckengürtel niemals durch Rippen oder Rippenrudimente getragen wird.«

Gegen diese Art der Begründung lässt sich manches Bedenken erheben. Dass bei anderen Wirbelthieren eine Unterbrechung in der Folge der Rippen nicht besteht, beweist keineswegs, dass sie bei Säugethieren nicht vorkomme, und wenn »bei den meisten Wirbelthieren der Beckengürtel niemals durch Rippen oder Rippenrudimente getragen« werden soll, so ist gerade das Gegentheil erweisbar gewesen.

Das zur Bestimmung der fraglichen Gebilde führende Verfahren wird also ein anderes sein müssen. Vor Allem wird es sich um das Verhältniss jener Theile selbst handeln müssen. Wir treffen nun in ihnen knorpelige Gebilde, die nicht Querfortsätze vorstellen können, da sie nicht vom Wirbelbogen aus verknöchern und da auch schon Querfortsätze deutlich genug vorhanden sind. Wollen wir sagen, es seien »untere Querfortsätze«, so ist damit für die Vergleichung nichts gewonnen, und überdies ist die Bezeichnung unzulässig, da sie dem Begriff des Querfortsatzes als eines vom Wirbel aus ossificirenden Skelettheiles widerstreitet. Wir haben also weiter zu fragen: welche Skelettheile kommen in Verbindung mit Wirbelkörper und Querfortsatz vor. Die Antwort wird einfach auf Rippen lauten, denn kein anderer Skelettheil zeigt jene Beziehungen. Wir werden also jene Elemente als Rippen zu deuten haben, und zwar als Rippenrudimente, da sie nicht mehr vollständige Spangen sind und zugleich ihre knorpelige Anlage mit Wirbeln verschmolzen haben. Wie nun der Umstand zu beurtheilen sei, dass in der Lumbalregion der Säugethiere keine Rippen mehr deutlich sind, während sie noch am Sacrum bestehen, gehört nicht unmittelbar hieher.

2) Diesem Verschmelzungsgang des ossificirten Rippenrudimentes entgegengesetzt verhielt sich das Auftreten der Knochenkerne. Am ersten Rippenrudiment ist der Knochenkern viel früher da, als an den folgenden. Am spätesten tritt er am vierten Wirbel auf.

Digitized by Google

Die Verbindung des fraglichen Stückes mit dem Wirbel findet sowohl am Körper, als auch am Querfortsatz und der dazwischen liegenden Strecke statt. Sie muss also der Verbindung des Capitulum, des Rippenhalses und des Tuberculum costae entsprechen, oder, mit andern Worten, es ist der Anfangstheil einer Rippe vom Capitulum bis zum Tuberculum inclusive mit einem Wirbel in Verbindung getreten. In der selbstständigen Ossification erhält sich noch eine Andeutung der ursprünglichen Selbstständigkeit, die durch die Verschmelzung der knorpeligen Anlage mit dem Wirbel aufgelöst ward. Da die Facies auricularis des Sacrums des Menschen von den Endflächen nur dieser Rippenrudimente der beiden ersten Sacralwirbel gebildet wird, ist die Verbindung mit dem Ilium nur durch Rippen vermittelt, und die Querfortsätze sind hiebei, trotz ihres Bestehens, ausser aller directen Betheiligung.

Hinsichtlich des Verhaltens der Sacralrippen (wie wir füglich jene, einigen Sacralwirbeln angefügten Rippenrudimente bezeichnen können) ergeben sich also für Reptilien, Vögel und Säugethiere folgende Eigenthümlichkeiten.

1) Bei Reptilien (Crocodil) sind die Sacralrippen mit dem proximalen Ende an Wirbelkörper und Bogen (resp. Querfortsatz) befestigt. Das distale Ende trägt das Darmbein.

2) Bei den Vögeln ist die Sacralrippe mit dem proximalen Ende an den Wirbelkörper befestigt, distal verbindet sie sich mit dem Ende des bezüglichen Querfortsatzes, mit dem sie gemeinsam das Darmbein stützt. Zwischen Querfortsatz und Rippe besteht ein Foramen transversarium.

3) Bei Säugethieren (Mensch) endlich ist das proximale Ende der Sacralrippe an Wirbelkörper und Bogen befestigt. Das Rippenende geht allein zum Ilium.

Gegen Reptilien und Säugethiere zeichnet sich also das primäre Sacrum der Vögel dadurch aus, dass an ihm auch Querfortsätze zum Ilium gelangen, sowie dass die Rippenrudimente diesen Querfortsätzen nur terminal verbunden sind. Die beim Crocodil wie beim Menschen dem Wirbelkörper wie dessen Bogen sammt Querfortsatz unmittelbar angeschlossene Sacralrippe ist bei den Vögeln freier, da vom Wirbelkörper an eine Lücke sie vom Querfortsatz trennt. Während endlich bei Vögeln die beiden Sacralrippen die einzigen dieser Gegend sind, da der praesacrale Abschnitt der Beckenwirbelsäule, sowie auch der postsacrale den oben vorgeführten Darlegungen gemäss der Rippen entbehrt, so sind bei Reptilien und Säugethieren unmittelbar vor wie hin-

Digitized by Google

ter dem primären Sacrum Rippen oder Rippenrudimente nachweisbar. Bei Reptilien fehlen unmittelbar praesacrale Rippen dem Crocodil, bestehen aber bei den meisten Eidechsen, und postsacrale sind wenigstens beim Crocodil noch zwei Paare unter der Gestalt durch Naht den Wirbeln verbundener Querfortsätze erkennbar. Bei Säugethieren endlich werden Rippenrudimente sowohl prae- als postsacral gefunden. Die ersteren mit den Lumbalwirbeln verschmolzen, deren Querfortsätze sie wenigstens theilweise bilden, die postsacralen dagegen in Verschmelzung mit Körper und Bogen des ersten und häufig auch des zweiten Postsacralwirbels des Menschen.

Diese Verhältnisse des Sacrums ergeben für das Vogelbecken eine ziemlich ebenso weite Entfernung vom Becken der lebenden Reptilien, wie von jenem der Säugethiere. Für beide ergiebt nur der niederste, für das Becken vorauszusetzende Zustand Anknüpfungspunkte, jener nämlich, wo Ein Sacralwirbel mittels eines ihm verbundenen Rippenrudimentes das primitive Hüftbein trägt. Da letzteres durch seine Beziehungen zur Musculatur vornehmlich der Hintergliedmaasse, den Veränderungen hervorrufenden äusseren Einflüssen mehr als die sacrale Wirbelsäule für sich zugängig ist, werden wir in den Veränderungen des Hüftbeins die secundär auch den bezüglichen Abschnitt der Wirbelsäule umgestaltenden Factoren suchen dürfen.

Vom Hüftbein kommt wieder der dorsale, als Ilium unterschiedene Abschnitt am meisten in Betracht. Bei den Reptilien ist die Ausdehnung des Iliums nur caudalwärts vorhanden, vor Allem wenn wir den ersten Sacralwirbel als einen solchen betrachten, an dem die von niederen Zuständen ererbte ursprüngliche Verbindung stattfand, und dabei beachten, dass auch über den zweiten hinaus nicht selten eine Ausdehnung des Iliums stattfindet. Bei den Säugethieren bleibt es bei der Verbindung des Iliums mit einem oder zwei Wirbeln, selten tritt noch ein dritter oder vierter hinzu. Dagegen findet ein Wachsthum nach vorn zu statt, welches bei seiner lateralen Richtung dem Sacrum keine neuen Wirbel zufügt.

Ganz anders verhält sich das Ilium der Vögel. Durch die beträchtliche Ausdehnung nach hinten wird eine Anzahl ursprünglicher Caudalwirbel dem primären Sacrum einverleibt, und ebenso tritt eine nicht geringe Zahl von Wirbeln aus dem Vordertheile der Wirbelsäule zum Sacrum, indem die Ilia nach vorn zu längs der Wirbelsäule auswachsen. Ein rippenloser, als Lendentheil zu bezeichnender Abschnitt wird zugefügt und auch noch einige Wirbel, die durch Verhalten ihrer Rippen als Brustwirbel sich darstellen. Man könnte nun sagen, dass in dieser

Digitized by Google

Ausdehnung nach vorn eine Säugethierähnlichkeit sich wiederhole, sowie in der Ausdehnung nach hinten ein Reptiliencharakter des Iliums gegeben sei. Ich würde das nicht für richtig halten können, denn das Auswachsen des Iliums nach vorn erfasst bei Säugethieren keine neue Wirbelgruppe und kommt bei den Vögeln auch sonst auf eine sehr eigenthümliche Art zu Stande.

Während nämlich die caudale Ausdehnung des Iliums durch Knorpelwachsthum stattfindet, ist an der lumbalen die Knorpelanlage des Iliums nur in sehr früher Zeit betheiligt, und bei weitem der grösste Theil des Wachsthums nach vorne geschieht durch Wachsthum des Knochenbelegs, welchen das knorpelige Ilium erhielt. Dem vorderen Rande des Iliums der Vögel fehlt der Knorpelsaum, der das wachsende Ilium der Säugethiere auszeichnet, schon zu sehr früher Zeit, während der hintere Rand ihn bis zum völligen Auswachsen des Vogels in ähnlicher Weise wie Sitz- und Schambein aufweist. Lange vor dem Auskriechen aus dem Ei ist beim Hühnchen dieser Wachsthumprozess aufgetreten, und auf Längsdurchschnitten bemerkt man vom Vorderrande her nur Knochengewebe, bis man gegen die Mitte der Länge des vorderen Abschnittes des Iliums auf eine dünne, gegen die Pfanne zu stärker werdende Knorpellage stösst, welche von der terminal einfachen Knochenlage auf der äusseren wie auf der inneren Seite umfasst wird [1]. Der Uebergang des Knorpels in Knochengewebe findet ohne scharfe Abgrenzung statt. Beim Bussard habe ich an Embryonen verschiedenen Alters das Gleiche beobachtet, ebenso bei verschiedenen Singvögeln. Dagegen macht Otis eine Ausnahme, indem hier noch beim neugebornen Thiere der primäre Knorpel bis zum freien Vorderrande reicht und die ihm aufgelagerten Knochenlamellen überragt. Dieses Verhalten wird bei der Gans mit dem vorher erwähnten vermittelt. Beim neugebornen Thiere ist am vorderen Iliumrand nur noch eine Strecke mit Knorpel bemerkbar, der in seiner Ausdehnung gegen jene bei Otis zurücksteht. Das Längewachsthum geht also hier wenigstens noch eine längere Zeit als beim Huhn und beim Bussard vom Knorpel aus. Wie aber schon bei dem Bestehen dieses vorderen Knorpels der hintere ihn an Mächtigkeit bedeutend überwog, so schwindet die Bedeutung des vorderen für das Wachsthum des Iliums immer mehr, und wir dürfen auch diesen anfänglich wie Ausnahmen sich verhaltenden Fällen den grössten Theil des prae-

---

1) Kurz vor dem Auftreten der ersten Ossification ist die Knorpelanlage des Iliums beim Hühnchen nach vorn wie nach hinten von ziemlich gleicher Länge, nur bildet der vordere Theil eine dünnere Platte als der hintere.

Digitized by Google

acetabularen Iliums durch directe Knochenbildung entstanden zuschreiben.

Diese Thatsache, dass das Längewachsthum eines Knochens nach der einen Seite durch ansehnliche Knorpelmassen, nach der andern Seite dagegen nur durch Knochengewebe erfolgt, ist so auffallend, dass es sich verlohnen wird, die Spuren, die sie uns für die Auffassung des ganzen Skelettheiles zeigt, weiter zu verfolgen.

Legen wir Gewicht darauf, dass das Hüftbein ursprünglich ein einziger Skelettheil ist, an dem die drei Abschnitte vorzüglich durch die Verknöcherung sich differenziren, beachten wir ferner, dass das Längewachsthum dieses Knochens einmal vom oberen Rande des dorsalen Stückes (des Iliums), dann am unteren Rande der beiden ventralen Stücke (der Scham- und Sitzbeine) vor sich geht (abgesehen von dem Antheile, welchen die acetabularen Knorpelreste haben), so werden wir die Beurtheilung des Längewachsthums des Iliums nicht nach der etwaigen Ausdehnung des Knochens längs der Wirbelsäule, sondern nach der Ausdehnung von der terminalen Knorpelepiphyse bis zum Acetabulum zu bemessen haben. Wir werden aber auch erwägen, dass das dorsale Ende des Iliums nicht der Sacralverbindung entspricht, dass dieselbe vielmehr nach innen davon an der medialen Darmbeinfläche stattfindet. Die Anwendung dieser Gesichtspunkte auf das Ilium der Vögel zeigt nun, dass das obere Ende dieses Skelettheiles nach hinten gerichtet ist, denn hier finden wir von der Knorpelanlage des Knochens noch längere Zeit hindurch einen Theil fortbestehen und das Längewachsthum des Knochens besorgen, indess am praeacetabularen Theile der Knorpelanlage sehr früh ihr Wachsthum sistirt und die ferneren Vergrösserungen durch Knochenlamellen zu Stande kommen lässt, welche nach Ueberlagerung der Knorpelanlage weit über dieselbe hinaus sich ausdehnen. Wir erhalten dadurch den ursprünglichen Zustand des Iliums der Vögel vorwiegend durch den postacetabularen Theil repräsentirt, der nur einen praeacetabularen Fortsatz entsendet.

Die Vergleichung mit dem Becken von Reptilien lässt auch hier wieder die nächsten Beziehungen erkennen. Das Ilium theilt die fast horizontale, d. h. mit der Wirbelsäule parallele, am Acetabularwirbel abwärts geneigte Lagerung. Für manche Verhältnisse finden sich bei Eidechsen, für manche bei den Crocodilen Verbindungen gegeben. Bei den Eidechsen ist es das nach hinten gerichtete Ende (Holzschnitt Fig. 3 *a*, Becken von Monitor, linke Seite), an welchem die Volumenvergrösserung durch Knorpel stattfindet. Bei Chamäleo wird dieses Ende des einer Scapula überaus ähnlichen Iliums von einer ver-

Digitized by Google

kalkten Knorpelplatte gebildet, einem Suprascapulare homolog. Das Ilium der Crocodile besitzt einen aufgerichteten Kamm, der sich gegen das hintere verjüngte Ende des Knochens fortsetzt. Dieser Kamm ist der schwächeren Erhebung homolog, die sich an der Dorsalfläche des Iliums vieler Eidechsen findet. Die Volumenzunahme des Iliums in der Richtung dieses Kammes findet aber bei den Crocodilen gleichfalls nur durch periostale Ossification statt, und wiederum nur an dem hinterem Ende vergrössert es sich durch Knorpelverknöcherung. Den Reptilien wäre also Lagerung sowie Vergrösserung des Darmbeines nach hinten zu durch Knorpelwachsthum mit den Vögeln gemeinsam. Am Acetabulartheile des Iliums ergeben sich Verschiedenheiten. Bei den Eidechsen (Fig. 3) tritt das Ilium mit dem Scham- und Sitzbein in der Pfanne zusammen. Das Ilium der Crocodile (vgl. Fig. 4, Becken vom Alligator, linke Seite) sendet an der Pfanne zwei Fortsätze aus, beide durch eine Incisur geschieden. Der hintere Fortsatz (s) vereinigt sich mit einem ähnlichen Fortsatz (y) des Ischiums, das dem vorderen Fortsatz des Iliums (r) einen gleichen (x) entgegenschickt, ohne denselben zu erreichen. Zwischen den beiderseitigen Fortsätzen liegt eine nur membranös geschlossene Oeffnung (o). Mit dem Gegeneinanderwachsen der vorderen Acetabularfortsätze des Iliums und Ischiums wird das Os Pubis (P) von der Betheiligung an der Pfannenbildung ausgeschlossen, es sitzt beweglich auf dem vorderen Acetabularfortsatze des Iliums.

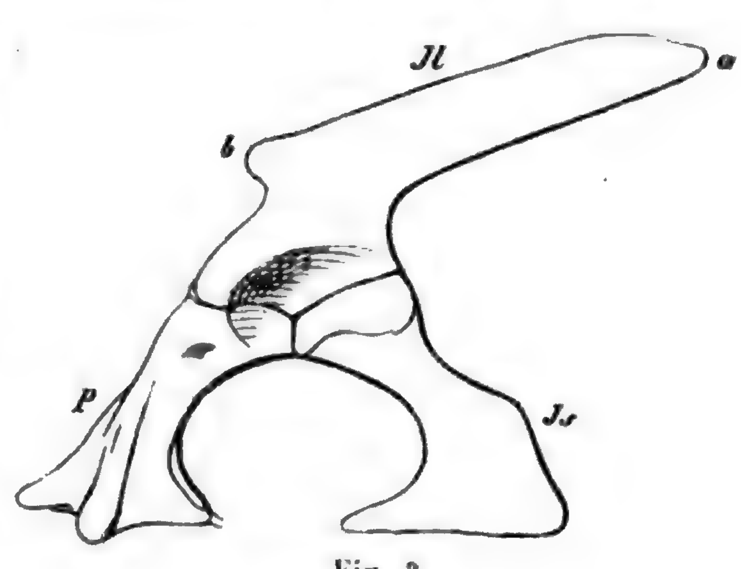


Fig. 3.

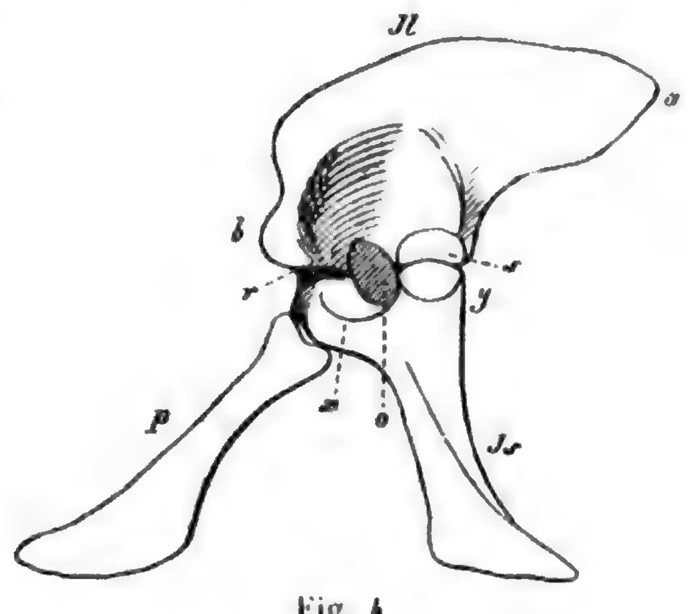


Fig. 4.

In der Pfannenbildung stimmen die Vögel am meisten mit den Crocodilen überein. Das Ilium bildet wieder zwei Acetabularfortsätze (Holzschnitt Fig. 5 r, s, Becken eines jungen Vogels, wobei die knorpeligen Theile punktirt dargestellt sind), und ebensolche entsendet der

Digitized by Google

Pfannentheil das Ischium, die zusammen eine weite membranös geschlossene Lücke (*o*) umgrenzen [1]). Auch bei den Vögeln verbinden sich nur die beiden hinteren Acetabularfortsätze direct unter einander, und die vorderen (*r*, *x*) sind wieder durch eine Lücke von einander getrennt, in welche sich aber hier das gleichfalls an der Pfannenbildung betheiligte Schambein (*P*) einschiebt.

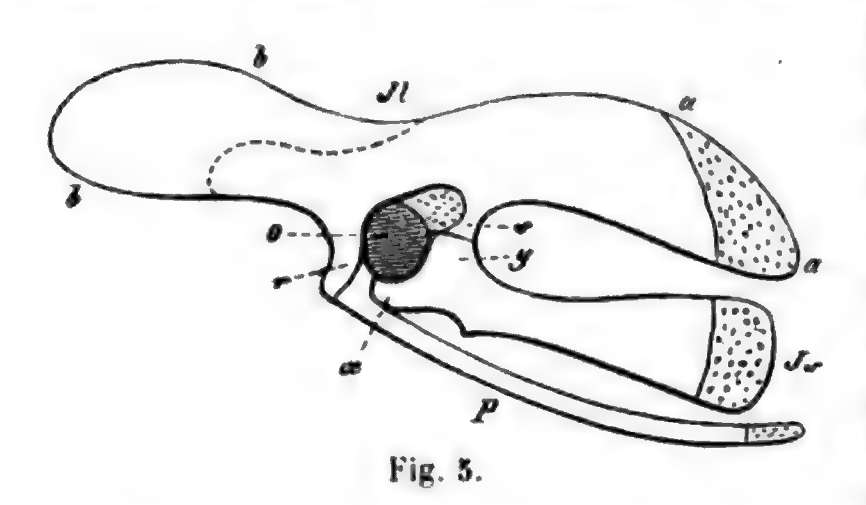


Fig. 5.

Weitere Uebereinstimmungen oder doch verwandtschaftliche Beziehungen zwischen Reptilien- und Vogelbecken ergeben sich aus dem distalen Verhalten der beiden ventralen Theile des Os innominatum. Bei den Reptilien sind die Enden des Os pubis und des Os ischii zwar durch je eine Schambeinfuge und eine Sitzbeinfuge unter sich in Verbindung, allein es fehlt die Vereinigung von Scham- und Sitzbein jederseits, oder wird nur durch einen knorpeligbleibenden, wenn auch verkalkenden oder ligamentösen Strang repräsentirt. Dabei fliessen entweder die beiderseitigen Foramina obturatoria zusammen, oder werden nur durch jene Gewebe, nicht aber durch Knochentheile geschieden. Das terminale Ende des Os innominatum wird dadurch in seiner Mitte durchbrochen. Damit ist der erste Schritt zur freien Endigung von Scham- und Sitzbein und zur vollständigen Oeffnung des Foramen obturatorium geschehen. Diese Oeffnung, eine ursprüngliche Durchbrechung des soliden ventralen Schenkels des Beckengürtels, wird dann zu einer blossen mehr oder minder tiefen Incisur umgestaltet (vgl. Fig. 5). Dieser Zustand hat für das Vogelbecken als der ursprüngliche, ererbte, zu gelten, denn er erscheint so in der Anlage des Beckens und erhält sich z. B. unter den Ratiten bei Dromaeus, wie bei vielen Carinaten, indess bei anderen eine distale Schamsitzbeinverbindung und damit eine knöcherne Umschliessung des Foramen obturatum eintritt. Diese ist als ein secundärer Zustand anzusehen, der meist durch einen vom knorpeligen Sitzbeinende zum Schambein tretenden Fortsatz angebahnt wird und erst ontogenetisch sich zu vollziehen scheint. Deshalb ist diese Schamsitzbeinverbindung keineswegs homolog jener, die, schon

1) Diese Lücke ist vor Beginn der Ossification der Theile des Os innominatum knorpelig geschlossen, d. h. der Pfannengrund wird vom Knorpel der Anlage des Os innominatum gebildet. Allmählich tritt in der Mitte des Knorpels eine verdünnte Stelle auf, und von da an beginnt die Umwandlung in Bindegewebe.

Digitized by Google

bei Reptilien in der Rückbildung begriffen, nur bei Säugethieren sich forterhalten hat, sie ist vielmehr eine neue, eine vorausgegangene terminale Trennung von Scham- und Sitzbein voraussetzende Anpassung.

Der Ausfall eines Stückes vom Rahmen des Foramen obturatum erscheint in Zusammenhang mit der Neigung von Scham- und Sitzbein. Bei den lebenden Reptilien sind die Sitzbeine nur wenig caudalwärts gerichtet (vrgl Holzschnitt Figg. 3, 4, *Js*) und an den Schambeinen (*P*) ist die Vorwärtsrichtung sogar charakteristisch. Beide Knochen divergiren mit ihren Längsaxen, und damit umspannen sie das meist weite Foramen obturatum. Bei den Vögeln ist eine mehr oder minder parallele Richtung mit dem Darmbein (dem postacetabularen Hauptstücke) eingetreten und zugleich die Symphyse der gleichnamigen Knochen gelöst. Da die medianen Verbindungstheile bei den Reptilien meist nicht mehr den jederseitigen Hälften angehören, sondern als unpaare Gebilde erscheinen, so wird die Aenderung der Richtung der beiden Knochen, der Uebergang aus der convergirenden in die mehr parallele Stellung mit dem Auseinanderweichen der Enden die Rückbildung jener verbindenden Theile herbeiführen.

Wo wir dennoch eine Symphysenbildung sehen, wie jene der Schambeine beim afrikanischen Strausse, dürfte sie mehr als eine secundäre Einrichtung zu beurtheilen sein, zu der es erst durch die ausserordentliche Verlängerung der Schambeine kommen konnte.

Sehen wir so wie die Configuration des Beckens der Vögel auf jene des Beckens lebender Reptilien bezogen werden kann, so finden sich durch den Mangel eines praeacetabularen Abschnittes des Iliums bei den Reptilien bedeutendere Eigenthümlichkeiten ausgeprägt, Andeutungen eines solchen vorderen Abschnittes fehlen jedoch nicht ganz, indem sowohl bei Crocodilen als Eidechsen am Ilium ein nach vorn gerichteter Fortsatz besteht (vergl. Figg. 3 u. 4 *b*), dessen Weiterentwickelung zu jenem vorderen Theile des Iliums führen kann. In dieser Beziehung bleibt aber noch ziemliche Ungewissheit, da der vordere Acetabularschenkel (Fig. 5 *r*) des Iliums der Vögel sowohl bei Ratiten, als bei vielen Carinaten einen nach vorn gerichteten Höcker besitzt, der leicht jenem Höcker der Eidechsen homolog sein könnte, dann wäre der vordere Theil des Iliums ein gänzlich neugebildeter Abschnitt.

Die mangelnde Verbindung, welche bezüglich des Iliums zwischen dem Becken der Vögel und der lebenden Reptilien besteht, ist nun durch deutlich sprechende Thatsachen ausgefüllt, welche untergegangene Reptilienformen in ihren Resten darbieten. Huxley[1]) gebührt das Ver-

1) Quarterly Journal of the Geological Society, London 1869, On Hypsylophodon Foxii und: On the classification of Dinosauria.

Digitized by Google

dienst in der grossen Abtheilung der Dinosauria unter anderen auf das Skelet der Vögel beziehbaren Einrichtungen auch das Verhalten des Beckens durch die Vergleichung erschlossen zu haben. Die Ausdehnung des Iliums nach vorn zu ist schon bei den Iguanodonten und Scelidosauriern beträchtlicher, als bei den lebenden Reptilien, aber das ursprüngliche postacetabulare Stück praedominirt, und bei den Megalosauriern ist jenes vordere Stück noch bedeutender geworden und kann sogar das hintere übertreffen. Der zur Bildung des Iliums der Vögel führende Weg repräsentirt damit seine verschiedenen Stadien, und die allmähliche Entstehung des praeacetabularen Abschnittes des Iliums aus dem postacetabularen Hauptstücke macht die oben aufgeführte Verschiedenheit verständlich, welche beide Theile in histiologischer Beziehung während ihres Wachsthums bei den Vögeln wahrnehmen lassen.

Dass der praeacetabulare Abschnitt des Iliums der Vögel dem ähnlich gestalteten Ilium der Säugethiere nicht homolog ist, bedarf nach dem oben Geschilderten keiner näheren Auseinandersetzung.

Das Ilium der Säugethiere muss nach Allem dem postacetabularen Theile des Iliums der Vögel verglichen werden. Die Crista ossis ilei der Säugethiere entspricht dem hinteren Rande des postacetabularen Theiles des Iliums der Vogel. Zwischen beiden Theilen besteht somit die Differenz einer Drehung um einen Winkel von beinahe 180°. Der beide Zustände vermittelnde, also indifferente Zustand des Iliums wird in einer senkrechten Stellung des Iliums gesucht werden müssen, ähnlich wie wir es bei den Amphibien finden, wo es zugleich mit Einem einzigen Wirbel verbunden ist. Bei den Reptilien nimmt es eine schräge Stellung ein, von hinten und oben, nach vorn und abwärts gerichtet. Dabei kommt nothwendig eine grössere Strecke seiner medialen Fläche mit der Wirbelsäule in Contact. Der hinterste Abschnitt des Iliums fügt sich noch einem zweiten Wirbel an. Das Sacrum besteht somit aus zwei Wirbeln. Dieser Zustand scheint eine reiche Verbreitung besessen zu haben, wie aus seiner Fortsetzung in die sonst sehr differenten Ordnungen der lebenden Reptilien erhellt. Eine fernere Ausdehnung des Iliums nach hinten und das Auswachsen eines vorderen Fortsatzes, der bei der vorhergehenden Form nur angedeutet war, führt diesen Beckentheil bei den Dinosauriern an eine grössere Anzahl von Wirbeln, und diese Zahl steigt bei den Vögeln mit Ausdehnung des Iliums längs der Wirbelsäule, wobei seine Lagerung der Wirbelsäule parallel gerichtet wird. Unterscheidbar bleiben aber wenigstens bei den Vögeln zwei Wirbel als primäre Sacralwirbel.

Von der bei den Amphibien bestehenden Lagerung des Iliums zur

Digitized by Google

Wirbelsäule führt ebenso ein Weg zu den Säugethieren, wenn wir nur die Winkelstellung des Iliums zur Wirbelsäule in entgegengesetzter Richtung wie bei den Reptilien denken. Die Längsaxe des Iliums nimmt allmählich eine schräge Stellung ein, von vorn und oben nach hinten und unten. Der oben die Crista ilei repräsentirende Abschnitt wird dabei vorwärts, bei lateraler Flächenausdehnung mehr oder minder nach aussen gerichtet, der Acetabulartheil nach hinten und abwärts, daher behält das Os ischii seine in der fortgesetzten Längsaxe des Iliums befindliche ursprüngliche Lagerung zum Ilium und nimmt zugleich eine dem Ischium der Vögel ähnliche Stellung zur Wirbelsäule ein. Die Bedingungen für diese Stellung sind aber bei den Säugethieren in ganz anderen Factoren zu suchen, als bei den Vögeln, denn bei den ersteren empfängt das Os ischii durch die am Ilium erfolgte Lageveränderung seine Direction, während bei den Vögeln das Ilium hiebei ausser Betracht kommt, und die ventralen Beckentheile anscheinend unabhängig vom Ilium ihre Lagerung caudalwärts genommen haben.

Wir constatiren daher auch für das Becken der Vögel die bedeutende Kluft, die es von jenen der Säugethiere scheidet, indem wir bei ersteren Einrichtungen sehen, die, von den bei Amphibien bestehenden einfacheren Zuständen aus beginnend, bei Reptilien einen einseitigen Entwickelungsgang einzuschlagen, der in bereits untergegangenen Formen zu jener Beckenform das Vorbild liefert, welches auf die Vögel sich vererbt hat und in weiterer Ausbildung die Complicationen des Vogelbeckens bedingt.

Erklärung der Tafeln.

Tafel V.

Fig. I. Vordere Ansicht des Beckens von Dromaeus Novae hollandiae. 1/3 Gr.
Fig. II. » » » » » Gallus domesticus. 2/3 Gr.
Fig. III. » » » » » Tetrao urogallus. 2/3 Gr. (Die seitlichen Theile sind weggelassen.)
Fig. IV. » » » » » Crax alector. 2/3 Gr.
Fig. V. » » » » » Gallus domesticus. Embryo. 1/1 Gr.
Fig. VI. Mediane Ansicht des Beckens von Gallus domesticus.
Fig. VII. Vordere Ansicht des Beckens von Columba livia domest. (Die Seitentheile sind weggelassen.)
Fig. VIII » » » » » Anas anser dom. 2/3 Gr.
Fig. IX. » » » » » Anas spec. 2/3 Gr.
Fig. X » » » » » Mergus serrator. 1/1 Gr.

Digitized by Google

Tafel VI.

Fig. XI. Vordere Ansicht des Beckens von Phoenicopterus roseus. $^2/_3$ Gr.
Fig. XII. » » » » » Ardea cinerea. $^2/_3$ Gr.
Fig. XIII. » » » » » Ardea stellaris. $^2/_3$ Gr.
Fig. XIV. » » » » » Ciconia alba. $^2/_3$ Gr.
Fig. XV. » » » » » Larus ridibundus. $^1/_1$ Gr.
Fig. XVI. » » » » » Grus cinerea. $^2/_3$ Gr.
Fig. XVII. » » » » » Otis tarda juv. $^2/_3$ Gr.
Fig. XVIII. » » » » » Otis tarda pullus. $^1/_1$ Gr.
Fig. XIX. » » » » » Fulica atra. $^2/_3$ Gr.
Fig. XX. » » » » » Gallinula chloropus.
Fig. XXI. » » » » » Crex pratensis. $^1/_1$ Gr.

Tafel VII.

Fig. XXII. Vordere Ansicht des Beckens von Colymbus septentrionalis. $^1/_2$ Gr.
Fig. XXIII. » » » » » Carbo cormoranus. $^2/_3$ Gr.
Fig. XXIV. » » » » » Oedicnemus crepitans. $^2/_3$ Gr.
Fig. XXV. » » » » » Himantopus.
Fig. XXVI. » » » » » Sarcorhamphus. $^2/_3$ Gr.
Fig. XXVII. » » » » » Buteo vulgaris. $^1/_1$ Gr.
Fig. XXVIII. » » » » » Strix aluco.
Fig. XXIX. » » » » » Buceros spec. $^2/_3$ Gr.
Fig. XXX. » » » » » Pica melanoleuca. $^1/_1$ Gr.
Fig. XXXI. Seitliche Ansicht der Sacralwirbelsäule von Gallus domesticus.

g Gelenkfacette für ein Capitulum costae.
g[1] Gelenkfacette für ein Tuberculum costae.
d dorsale } Querfortsatzschenkel,
v ventrale }

Für die Figg. aller drei Tafeln gleichbedeutend sind die Bezeichnungen:

a erster } primitiver Sacralwirbel.
b zweiter }
1, 2, 3, 4, ... Praesacrale Wirbel.
1′, 2′, 3′, 4′, ... Postsacrale Wirbel.
fia Fossa iliaca anterior.
fip Fossa iliaca posterior.
ra Recessus iliacus anterior.
rp Recessus iliacus posterior.
cis Crista ischiosacralis.
spi Spina iliocaudalis.
fis Foramen ischiadicum.
ip Spina iliaca.

Digitized by Google

Ueber den dreibasischen Essigsäure-Aether.

Von

A. Geuther.

Der Valenzlehre nach muss es 2 Essigsäuren geben, eine einbasische oder Monhydroxy-Essigsäuse und eine dreibasische oder Perhydroxy-Essigsäure:

$$\begin{array}{llllllll} & H^3 & & & H^3 & & & CH^3 & & & CH^3 \\ C^2 & O & \text{und} & C^2 & OH & \text{oder} & C & O & \text{und} & C & OH \\ & OH & & & OH & & & OH & & & OH \\ & & & & OH & & & & & & OH \end{array}$$

Die Erstere ist die gewöhnliche Essigsäure (Eisessig), während die Letztere offenbar durch die Säure dargestellt wird, welche entsteht, wenn man 1 Mgt. gewöhnlicher Essigsäure mit 1 Mgt. Wasser mischt, wobei das Maximum der Volumcontraction eintritt. Da die letztere Säure aber keinen constanten Siedepunkt besitzt, sondern durch die Wärme in Wasser und Monhydroxy-Säure zerfällt, so hat man ihre Existenz bis jetzt nicht behauptet und einige Salze, welche als Abkömmlinge derselben aufgefasst werden können [1]), als basische Salze der gewöhnlichen Essigsäure angesehen.

Da Essigsäure und Ameisensäure die zwei aufeinander folgenden Glieder einer homologen Reihe sind und für die Ameisensäure ausser dem Aether der einbasischen Säure auch der Aether der dreibasischen Säure bekannt ist, so liess sich wohl die Möglichkeit der Darstellung des dreibasischen Essigsäureäthers annehmen, wenngleich manchmal das niedrigste Glied einer homologen Reihe ein von den übrigen mehr abweichendes Verhalten zeigt, als es diese Letzteren untereinander thun.

---

1) Siehe mein »Lehrbuch d. Chemie, gegründet auf die Werthigkeit der Elemente«. Jena, Doebereiner 1870. p. 481, 482, 499, 500.

Digitized by Google

Für diejenige Chlorverbindung, welche bei der Einwirkung von Natriumalkoholat den dreibasischen Essigsäure-Aether liefern würde, analog wie das Chloroform den dreibasischen Ameisensäure-Aether liefert, sah ich das zweifach gechlorte Chloräthyl an und ich habe mit diesem die Umsetzung ausgeführt, obgleich BASSETT[1]) sagt, dass die chlorhaltigen Derivate des Chloräthyls und die verschiedenen Chlorkohlenstoffe durch Natriumalkoholat entweder überhaupt nicht, oder nur sehr schwach angegriffen werden, mindestens unterhalb der Temperatur, bei welcher das Natriumalkoholat für sich Zersetzung erleidet.

Alkoholfreies Natriumalkoholat wird in dem Rohr, in welchem es dargestellt worden ist[2]), mit der berechneten Menge von zweifach-gechlortem Chloräthyl (Siedepunkt 72—75°) und einer dem Volum des Natriumalkoholats mindestens gleichen Volummenge wasserfreien Aethers zusammengebracht, das Rohr zugeschmolzen und während etwa 12 Stunden auf 100 bis 120° erhitzt d. h. so lange bis das feste Natriumalkoholat in pulvriges Chlornatrium verwandelt ist. Nach dem Oeffnen des Rohrs in der Flamme, wobei ein mit grünem Saum brennendes Gas entweicht, wird Wasser zugefügt und die ätherische und wässrige Schicht getrennt. Die erstere wird noch einmal mit dem doppelten Volum reinen Wassers geschüttelt, darauf mit Chlorcalcium entwässert und der Aether, sammt etwa noch unzersetzt gebliebenem zweifach gechlorten Chloräthyl und mit gebildetem gewöhnlichen Essigäther im Wasserbade abdestillirt. Der nun verbleibende flüssige Rückstand besteht hauptsächlich aus 2 Producten: einem bei etwa 122° siedenden chlorhaltigem und einem bei etwa 142° siedenden chlorfreiem Product.

1. Product: Monochlor-äthoxyl-Aethylen.

Das bei 122° Siedende wurde, ehe es durch wiederholte Destillationen gereinigt worden war, einer Analyse unterworfen.

0,2345 Grm. lieferten 0,1510 Grm. Wasser und 0,3675 Grm. Kohlensäure, was 0,016778 Grm. = 7,1 Proc. Wasserstoff und 0,10023 Grm. = 42,8 Proc. Kohlenstoff entspricht.

0,3235 Grm. gaben 0,3728 Grm. Chlorsilber, entsprechend 0,092226 Grm = 28,5 Proc. Chlor.

Die durch wiederholte Destillationen von noch beigemengt gewe-

1) Annal. d. Chem. u. Pharm. Bd. 132. p. 56.

2) Vergl. diese Zeitschrift Bd. IV. p. 244 u. 247.

Digitized by Google

senem höher Siedenden gereinigte, zwischen 122 und 123° destillirte Substanz gab folgende analytische Resultate:

0,210 Grm. gaben 0,3568 Grm. Kohlensäure und 0,1379 Grm. Wasser, entsprechend 0,097309 Grm. = 46,3 Proc. Kohlenstoff und 0,015322 Grm. = 7,3 Proc. Wasserstoff.

0,2254 Grm. lieferten 0,2864 Grm. Chlorsilber, entsprechend 0,070852 Grm. = 31,4 Proc. Chlor.

Daraus leitet sich für sie die Formel: $C^2H^2Cl(OC^2H^5)$ ab, wie die folgende Zusammenstellung zeigt:

	ber.	gef.
C^4 =	45,1	46,3
H^7 =	6,6	7,3
Cl =	33,3	31,4
O =	15,0	—
	100,0	

Die Substanz war, wie man sieht, noch nicht ganz rein, es war ihr noch ein wenig der höher siedenden Verbindung, welche chlorfrei und kohlenstoff- und wasserstoff-reicher ist, beigemengt. Es geht dies aus den Resultaten hervor, welche die noch mehr mit den höher und niedriger siedenden Producten verunreinigte unrectificirte Substanz bei der Analyse gab: 42,8 Proc. Kohlenstoff, 7,1 Proc. Wasserstoff und 28,5 Proc. Chlor, und daraus, dass bei der Rectification dieser Letzteren eben solche entfernt wurden. Für ein Gemenge von 94,3 Proc. der reinen Verbindung und 5,7 Proc. der höher siedenden Verbindung berechnen sich: 46,1 Proc. Kohlenstoff, 6,9 Proc. Wasserstoff und 31,4 Proc. Chlor.

Diese Verbindung, von der Reinheit, wie sie analysirt worden war (eine weitere Reinigung konnte des geringen noch vorhandenen Materials halber nicht wohl ausgeführt werden), stellt eine farblose, in Wasser unlösliche, brennbare Flüssigkeit dar von eigenthümlichem angenehmem Geruch, deren spezifisches Gewicht bei 22° zu 1,02 gefunden wurde. Sie ist aufzufassen als Monochlor-äthoxyl-Aethylen, d. h. als Aethylen, worin 1 Mgt. Wasserstoff durch Chlor und 1 Mgt Wasserstoff durch Aethoxyl (= OC^2H^5) ersetzt ist, und zwar so, dass die beiden substituirten Wasserstoffe zu dem nämlichen Kohlenstoff gehören: $C\begin{matrix}CH^2\\Cl(OC^2H^5)\end{matrix}$. Aus dem zweifach gechlorten Chloräthyl entsteht sie nach folgender Gleichung:

$$C\begin{matrix}CH^3\\Cl^3\end{matrix} + 2C^2\begin{matrix}H^5\\ONa\end{matrix} = C\begin{matrix}CH^2\\Cl(OC^2H^5)\end{matrix} + 2NaCl + C^2H^6O.$$

Digitized by Google

2. Product: Dreibasischer Essigsäure-Aether.

Eine vorläufige Analyse des zwischen 135° und 150° Destillirenden gab folgende Resultate:

0,1929 Grm. lieferten 0,3988 Grm. Kohlensäure und 0,1865 Grm. Wasser, was 0,10876 Grm. = 56,4 Proc. Kohlenstoff und 0,02072 Grm. = 10,7 Proc. Wasserstoff entspricht.

Die Substanz erwies sich noch chlorhaltig, denn beim Brennen derselben zeigte die Flamme einen ganz schwach grünen Saum. Der Chlorgehalt wurde nicht bestimmt, sondern zur weiteren Reinigung durch wiederholte fractionirte Destillationen geschritten. Dabei konnte noch eine kleinere Menge früher Siedendes, welches stärker chlorhaltig sich erwies, entfernt und so eine zwischen 141° und 143° destillirende Flüssigkeit erhalten werden, welche mit blauer, wenig leuchtender Flamme brannte, ohne eine Spur grünen Randsaum dabei zu zeigen. Die Resultate, welche diese Substanz bei der Analyse ergab, sind die folgenden:

0,3014 Grm. lieferten 0,637 Grm. Kohlensäure und 0,2938 Grm. Wasser, entsprechend 0,173727 Grm. = 57,6 Proc Kohlenstoff und 0,033144 Grm. = 11,0 Proc. Wasserstoff.

Diese Resultate kommen der Formel des dreibasischen Essigsäure-Aethers $C^8H^{18}O^3$ ziemlich nahe, wie die folgende Zusammenstellung zeigt:

	ber.	gef.
C^8	= 59,3	57,6
H^{18}	= 11,1	11,0
O^3	= 29,6	—
	100,0	

Die Abweichung im Kohlenstoff konnte nur von der Beimengung wahrscheinlich des 1. Productes herrühren, welches in dem zuerst analysirten, zwischen 135 und 150° Destillirenden, in noch grösserer Menge vorhanden war und den Kohlenstoff und Wasserstoff dort noch niedriger (56,4 Proc. und 10,7 Proc.) finden liess. Es wurde deshalb, da des geringen vorhandenen Materials halber, von einer weiteren Reinigung durch fractionirte Destillation Abstand genommen werden musste, zu einer Chlorbestimmung geschritten, um aus ihr die Menge des noch beigemengten Monochlor-äthoxyl-Aethylens zu erfahren. Dieselbe gab folgendes Resultat:

0,2195 Grm. lieferten 0,0303 Grm. Chlorsilber, was 0,007496 Grm. = 3,4 Proc. Chlor entspricht.

Digitized by Google

Daraus berechnen sich 10,2 Proc. beigemengten Monochloräthoxyl-Aethylen. Für ein Gemenge von 89,8 Proc. $C^8H^{18}O^3$ und 10,2 Proc. C^4H^7ClO berechnen sich:

57,8 Proc. C; 10,7 Proc. H und 3,4 Proc. Cl.;

während gefunden wurden:

57,6 Proc. C; 11,0 Proc. H und 3,4 Proc. Cl.

Dass die analysirte Substanz wirklich ein so zusammengesetztes Gemenge war ist dadurch ausser Zweifel gesetzt und die Existenz des dreibasischen Essigsäure-Aethers somit erwiesen.

Das analysirte, also aus nicht ganz reinem dreibasischen Essigsäure-Aether bestehende Product ist eine farblose, brennbare, eigenthümlich und angenehm ätherisch, aber nicht wie gewöhnlicher Essigäther riechende Flüssigkeit vom spez. Gew. 0,94 bei 22°, welche sich aus dem zweifach gechlortem Chloräthyl durch Natriumalkoholat nach der folgenden Gleichung bildet:

$$C\begin{matrix}CH^3\\Cl^3\end{matrix} + 3C^2\begin{matrix}H^5\\ONa\end{matrix} = C\begin{matrix}CH^3\\(OC^2H^5)^3\end{matrix} + 3NaCl$$

Als dieselbe mit einer grösseren Menge Wasser in ein Rohr eingeschlossen und einen Tag auf 120—130° erhitzt worden war, war sie verschwunden. Die wässrige Lösung reagirte stark sauer, und liess nach dem Sättigen mit Natriumcarbonat beim Destilliren Alkohol übergehen, welcher, über Kalk rectificirt, an seinem Geruch, seinem brennenden Geschmack, seiner Brennbarkeit und seinem Siedepunkt erkannt werden konnte. Die zurückgebliebene Salzlösung wurde nach dem Eindampfen zur Trockne mit absol. Alkohol ausgezogen und del nach dem Abdestilliren des Letzteren verbleibende Rückstand vorsichtig zu schmelzen versucht. Da dabei Schwärzung eintrat (wahrscheinlich bedingt durch das dem angewandten Material beigemengte chlorhaltige 1. Product), so wurde die Schmelze nochmals mit abs. Alkohor ausgezogen, und von der filtrirten Lösung der Alkohol abermals abdestillirt. Der nun verbleibende weisse Rückstand, dem noch eine kleine Menge mit in Lösung gegangenes Natriumchlorid beigemengt war, wurde zum grössten Theil bei 170° getrocknet, darauf vorsichtig geschmolzen und dann geglüht.

0,0572 Grm. wurden beim Schmelzen zu 0,05702 Grm. und diese hinterliessen nach dem Glühen 0,0379 Grm. Natriumcarbonat, entspr. 0,016447 Grm. = 28,8 Proc. Natrium.

Darnach war dieses Salz also fast reines Natriumacetat, welches 28,03 Proc. Natrium enthält. Mit dieser Thatsache stimmten auch die übrigen Reactionen, welche das Salz zeigte, als es mit Alkohol und Schwefelsäure sowie mit Eisenchlorid zusammen kam.

Digitized by Google

Sonach zersetzt sich also der dreibasische Essigsäureäther bei Erhitzen mit Wasser auf 130° in Alkohol und Essigsäure na der Gleichung:

$$C\begin{matrix}CH^3\\(OC^2H^5)^3\end{matrix} + 2OH^2 = C\begin{matrix}CH^3\\O\\OH\end{matrix} + 3C^2H^6O.$$

Der dreibasische Essigsäureäther ist metamer mit dem Diäthoxy Aether $C^8H^{18}O^3$, welchen LIEBEN[1]) durch Behandeln des Dichloräthe mit überschüssigem Natriumalkoholat erhalten hat. Letzterer, welch eine farblose, bei 168° siedende Flüssigkeit vom spez. Gew. 0,8924 b 21° darstellt, ist anders constituirt, als der dreibasische Essigsäur Aether, es ist nämlich:

dreib. Essigsäure-Aether.	Diäthoxyl-Aether.
$C\begin{matrix}CH^3\\(OC^2H^5)^3\end{matrix}$	$\begin{matrix}CH^3\\C\ H^2\\O\left[C\begin{matrix}CH^3\\(OC^2H^5)^2\end{matrix}\right]\end{matrix}$

Ausser den beiden im Vorhergehenden beschriebenen Product treten bei der Einwirkung von Natriumalkoholat auf zweifach gechlo tes Chloräthyl noch auf Essigäther und Natriumacetat. Der Essigät findet sich in dem von den beiden schwerer flüchtigen Producten Wasserbad abdestillirten Aether und kann durch Rectification dess ben, gemischt mit unzersetzt gebliebenem zweifach gechlortem Chl äthyl, welches fast den gleichen Siedepunkt besitzt, erhalten werd Sein Geruch und Siedepunkt sowohl, als seine Zersetzbarkeit du wässrige Natriumhydroxydlösung lassen ihn leicht erkennen und v dem beigemengten zweifach gechlortem Chloräthyl entfernen. I Natriumacetat findet sich in der wässrigen Lösung, welche von ätherischen Schicht getrennt worden ist, es kann nach dem Einlei von überschüssiger Kohlensäure, Eindampfen zur Trockne und Au ziehen mit warmem absol. Alkohol von beigemengtem Chlornatri getrennt werden.

Diese beiden Producte sind entweder Umsetzungsproducte d dreibasischen Essigsäureäthers für sich oder mit Natriumalkoholat, i dem sich zugleich gewöhnlicher Aether bildet:

$$C^2\begin{matrix}H^3\\(OC^2H^5)^3\end{matrix} = C^2\begin{matrix}H^3\\O\\OC^2H^5\end{matrix} + C^2\begin{matrix}H^5\\(OC^2H^5)\end{matrix}$$

$$C^2\begin{matrix}H^3\\(OC^2H^5)^3\end{matrix} + C^2\begin{matrix}H^5\\ONa\end{matrix} = C^2\begin{matrix}H^3\\O\\ONa\end{matrix} + 2C^2\begin{matrix}H^5\\(OC^2H^5)\end{matrix}$$

1) Annal. d. Chem. u. Pharm. Bd. 146. p. 196.

Digitized by Google

oder aber sie bilden sich sofort an Stelle des dreibasischen Essigsäureäthers. In beiden Fällen muss die Ausbeute an dieser letzteren Verbindung dadurch bedeutend vermindert werden, was denn in der That eintritt, denn man erhält verhältnissmässig nur wenig derselben.

Das eingangs erwähnte beim Oeffnen der Röhren in der Flamme ausströmende, mit grüngesäumter Flamme brennende Gas verdankt seine Entstehung wahrscheinlich einfach gechlortem Chloräthyl, wovon dem angewandten Product noch etwas beigemengt war und das mit Natriumalkoholat das Gas C^2H^3Cl neben Chlornatrium und Alkohol bildet.

Jena, Univ.-Laboratorium. Mai 1870.

Digitized by Google

Ueber die Chlorsubstitutionsproducte des Chloräthyls.

Von

A. Geuther.

Nach Regnault sind die Producte, welche durch Einwirkung von Chlor auf Chloräthyl entstehen, gänzlich verschieden von dem Aethylenchlorid und den aus diesem durch die Einwirkung von Chlor hervorgehenden Producten, bis auf das letzte Substitutionsproduct, das Bikohlenstoff-Hexachlorid oder Perchloräthan, welches das nämliche ist. Bis heutigen Tags [1]) hat man an der Richtigkeit dieser Angaben in ihrem vollen Umfange, an der thatsächlichen Metamerie aller Glieder beider Reihen, mit alleiniger Ausnahme des Letzten, nicht gezweifelt und die eine Reihe der Producte als die Chlorsubstitutionsproducte des Chloräthyls von der andern Reihe als den Chlorsubstitutionsproducten des Aethylenchlorids unterschieden:

		Sdp.			Sdp.
Chloräthyl:	C^2H^5, Cl	$+ 12°$;	Aethylen-chlorid:	C^2H^4, Cl^2	$+ 82°,5$
Einf. gechl.	C^2H^4Cl, Cl	$+ 64°$;	Einf. gechl.	C^2H^3Cl, Cl^2	$+ 115°$
Zweif. gechl.	$C^2H^3Cl^2, Cl$	$+ 75°$;	Zweif. gechl.	$C^2H^2Cl^2, Cl^2$	$+ 135°$
Dreif. gechl.	$C^2H^2Cl^3, Cl$	$+ 102°$;	Dreif. gechl.	C^2HCl^2, Cl^2	$+ 153°,5$
Vierf. gechl.	C^2HCl^4, Cl	$+ 146°$;			

Perchloräthan: $C^2Cl^5, Cl = C^2Cl^4, Cl^2$.

Bei Gelegenheit der wiederholten Darstellung einer grösseren Menge des zweifach gechlorten Chloräthyls aus Chloräthyl und Chlor und nachheriger Rectification der Producte habe ich wohl die bei 58—64° und die bei 75° siedenden Substitutionsproducte, niemals aber ein solches vom Siedepunkt 102° beobachten können. Da zu der jedes-

---

1) Vergl. Städel, Ueber die Substitutionsproducte der Haloidäther des Aethyls etc. Tübingen 1869.

Digitized by Google

maligen Rectification mehr als ein Pfund Flüssigkeit verwandt worden war, so habe ich mir das Fehlen dieses Productes, zumal genügend viel noch höher siedender Producte entstanden waren, nicht anders erklären können, als dass es überhaupt nicht existire und deswegen Hrn. Dr. STAPFF veranlasst die Sache näher zu untersuchen. Die Resultate dieser Untersuchung sind im Folgenden mit enthalten.

Bei wiederholter Darstellung grösserer Mengen der Chlorsubstitutionsproducte des Chloräthyls[1]) konnte auch Dr. STAPFF niemals ein Product erhalten, welches einen bei 102° oder in der Nähe gelegenen Siedepunkt gezeigt hätte, und auch ebensowenig ein Product vom Siedepunkt 146°. Dafür waren aber immer Producte vom Siedepunkt 115°, vom Siedepunkt 135° und vom Siedepunkt 153° neben Perchloräthan vorhanden und in diese Producte liessen sich durch wiederholte Rectification auch die anfänglich zwischen 100 und 110° und zwischen 140 und 150° überdestillirten Mengen völlig zerlegen. Daraus folgt, dass bei der Einwirkung von Chlor auf Chloräthyl Substitutionsproducte von der Zusammensetzung $C^2H^2Cl^4$ und C^2HCl^5, welchen der Siedepunkt 102° und 146° zukommt nicht gebildet werden, dass an deren Stelle vielmehr die gleich zusammengesetzten Substitutionsproducte des Aethylenchorids vom Siedepunkt 135° und 153°,5 auftreten. Dass auch ein bei 115° siedendes und mit dem einfach gechlorten Aethylenchlorid identisches Product zugleich mit entstand, ist besonders merkwürdig und wird von seiner Entstehung später noch wieder die Rede sein, vorläufig mag die Mittheilung der analytischen Resultate, welche seine Zusammensetzung zeigen, genügen.

0,4075 Grm. des bei 115°,6 corr. siedenden Productes gaben 0,2650 Grm. Kohlensäure und 0,0900 Grm. Wasser, entspr. 0,07227 Grm. = 17,7 Proc. Kohlenstoff und 0,0100 Grm. = 2,5 Grm. Wasserstoff.

0,3485 Grm. derselben Substanz lieferten 1,1297 Grm. Chlorsilber entspr. 0,27944 Grm. = 80,2 Proc. Chlor.

	ber.	gef.
C^2	= 18,0	17,7
H^3	= 2,2	2,5
Cl^3	= 79,8	80,2
	100,0	

1) Das Chloräthyl wurde erhalten durch langsames Erhitzen im Wasserbade von Alkohol, in welchen vorher Salzsäuregas geleitet worden war, Waschen des Gases durch viel Wasser von etwa 20° und Trocknen desselben durch Chlorcalcium. Die meiste Ausbeute giebt ein mit 2 Th. Wasser verdünnter und mit Salzsäuregas nahezu gesättigter gewöhnlicher Alkohol.

Digitized by Google

Es war nun zu untersuchen, ob die fraglichen Producte, da sie bei der Einwirkung von Chlor auf Chloräthyl nicht entstanden waren, vielleicht bei der Einwirkung von Chlor auf einfach- oder zweifach gechlortes Chloräthyl entstehen würden. Zu dem Zweck wurde das von 62° bis 72° Destillirende, also ein Gemisch von einfach- und zweifach gechlortem Chloräthyl, der Einwirkung von Chlor ausgesetzt in der Art, dass zu der in einem Kölbchen befindlichen Substanz welches mit einem umgekehrten Kühler verbunden war, nicht überschüssiges trocknes Chlor geleitet wurde, während das Kölbchen entweder im Sonnenschein stand, oder sich im Schatten befand und dann bis zum gelinden Sieden des Inhalts erwärmt wurde [1]). Nach vollendeter Einwirkung und schliesslichem Erhitzen der Flüssigkeit bis alles Salzsäuregas ausgetrieben war, wurde das Product der fractionirten Destillation unterworfen. Das im Sonnenschein behandelte unterschied sich von dem im Schatten und der Wärme behandelten nur durch einen grösseren Gehalt an über 137° Siedendem und an Chlorkohlenstoff, im Uebrigen war das Resultat dasselbe: Unter 72° destillirte nichts mehr, darauf eine kleine Menge von 72—75°, also zweifach gechlortes Chloräthyl, darnach ebenfalls eine kleine Menge bei 115°, also einfach gechlortes Aethylenchlorid und eine grössere Menge von 133—136°, also zweifach gechlortes Aethylenchlorid. Das höher Siedende wurde seiner geringen Menge halber nicht weiter rectificirt. Ein Product, welches bei 102° constant gesiedet hätte, war also auf diese Weise auch nicht zu erhalten gewesen.

Es blieb nun noch die Möglichkeit, dass ein solches Product vielleicht bei der Einwirkung von Chlor auf zweifach gechlortes Chloräthyl allein, dessen nächstes Substitutionsproduct es ja sein sollte, entstehen würde. Es wurde deshalb in gleicher Weise, wie vorhin erwähnt, Chlor auf zweifach gechlortes Chloräthyl, welches zwischen 72° und 76° überdestillirte, wirken gelassen und das von Chlorwasserstoff befreite Product fractionirt. Das Resultat war, dass, ausser einer geringen Menge von bei 115° siedender Flüssigkeit fast nur eine solche erhalten wurde, welche zwischen 133° und 135° überging, und ausserdem etwas Perchloräthan, dass aber ein Product vom Siedepunkt 102° nicht beobachtet werden konnte.

Aus diesen Versuchen folgt also mit Sicherheit, dass bei der Ein-

1) Zur Erzeugung der nächsten Substitutionsproducte ist Schatten und Erwärmung der Einwirkung des directen Sonnenlichtes in der Kälte vorzuziehen, da bei Anwendung des Letzteren ein grosser Theil in die letzten Substitutionsproducte sogleich verwandelt wird.

Digitized by Google

wirkung von Chlor auf Chloräthyl, auf einfach gechlortes Chloräthyl und auf zweifach gechlortes Chloräthyl ein mit dem zweifach gechlorten Aethylenchlorid metamerer Körper nicht entsteht, sondern dass das dabei gebildete Substitutionsproduct von der Zusammensetzung $C^2H^2Cl^4$ mit dem zweifach gechlorten Aethylenchlorid identisch ist. Es bedarf darnach keiner weiteren Auseinandersetzung, dass ein mit dem dreifach gechlorten Aethylenchlorid metameres vierfach gechlortes Aethylchlorid ebensowenig existirt, als es sich unter den Substitutionsproducten des Chloräthyls hat auffinden lassen, sondern, dass es identisch ist mit dem darin enthaltenen dreifach gechlorten Aethylenchlorid.

Was nun zunächst die Entstehung des in allen vorerwähnten Producten, wenn auch nur in geringer Menge, enthaltenen einfach gechlorten Aethylenchlorids $C^2H^3Cl^3$ vom Siedepunkt 115° anlangt, so ist dieselbe längere Zeit nicht aufzuklären gewesen und Hr. Stapff nahm an, da er unter den Substitutionsproducten des Chloräthyls kein Aethylenchlorid zu finden vermochte, dass sich durch Einwirkung von Chlor auf einfach gechlortes Chloräthyl stets die 2 metameren Producte: das zweifach gechlorte Chloräthyl und das einfach gechlorte Aethylenchlorid nebeneinander bilden möchten, das erstere aber stets in bei weitem überwiegender Menge. Zur Begründung oder Widerlegung dieser Ansicht habe ich nochmals die zwischen 75° und 100° destillirten Producte, welche etwa vorhandenes Aethylenchlorid enthalten mussten einer sorgfältigen und oft wiederholten fractionirten Destillation unterworfen und dabei allerdings ein langsameres Steigen des Thermometers zwischen 80° und 85° wahrgenommen, als es sonst der Fall gewesen sein würde. Nach vielen Destillationen gelang es auch schliesslich eine kleine Menge Flüssigkeit, welche innerhalb 81° und 84° überging zu isoliren. Nach der von Hrn. Matthey damit ausgeführten Analyse weist sich dasselbe zweifellos als ein mit noch etwas zweifach gechlortem Aethylchlorid gemischtes Aethylenchlorid aus.

0,3262 Grm. gaben 0,2861 Grm. Kohlensäure und 0,0992 Grm. Wasser, was 0,07803 Grm. = 23,9 Proc. Kohlenstoff und 0,01102 Grm. = 3,4 Proc. Wasserstoff entspricht.

0,2746 Grm. lieferten 0,8119 Grm. Chlorsilber, entsprechend 0,2009 Grm. = 73,2 Proc. Chlor.

	ber.	gef.	ber.	
C^2 =	24,2	23,9	18,0	= C^2
H^4 =	4,1	3,4	2,2	= H^3
Cl^2 =	71,7	73,2	79,8	= Cl^3
	100,0		100,0	

Digitized by Google

Wenn somit also nach der oben angegebenen Bereitungsweise des Chloräthyls und seiner Substitutionsproducte neben diesen auch Aethylenchlorid gebildet wird, so lässt sich das Vorhandensein des einfach gechlorten Aethylenchlorids in dem ursprünglichen Substitutionsproduct leicht einsehen; dass auch in der zwischen 62—72⁰ und noch mehr in der zwischen 72—75⁰ destillirten Portion kleine Mengen von Aethylenchlorid, dessen Siedepunkt (82⁰,5) ja diesen Temperaturen naheliegt, enthalten sein können, ist ebenso begreiflich und somit das Auftreten der kleinen Menge einfach gechlorten Aethylenchlorids verständlich, welche sich unter den Chlorsubstitutionsproducten dieser beiden Producte mit eingefunden hat. Eine andere Frage ist, woher denn das Aethylenchlorid überhaupt stammt. Dass es bei der Einwirkung von Chlor auf Chloräthyl im Sonnenlicht neben einfach gechlortem Chloräthyl mitgebildet werde, scheint mir nicht wahrscheinlich, wahrscheinlich dagegen ist, dass es seine Entstehung Alkoholdampf verdankt, welcher dem Chloräthylgas beigemengt war. Es finden bei der Einwirkung von Chlor auf Alkohol wahrscheinlich folgende 3 Arten der Einwirkung statt:

1) Die Entstehung von Aldehyd unter Bildung von Salzsäure:

$$C\begin{matrix}CH^3\\H^2\\OH\end{matrix} + \begin{matrix}Cl\\Cl\end{matrix} = C\begin{matrix}CH^3\\O\\H\end{matrix} + 2ClH$$

2) Die Entstehung von Chloräthyl durch Einwirkung dieser Salzsäure unter Bildung von Wasser:

$$C\begin{matrix}CH^3\\H^2\\OH\end{matrix} + \begin{matrix}Cl\\H\end{matrix} = C\begin{matrix}CH^3\\H^2\\Cl\end{matrix} + OH^2$$

3) Die Entstehung von Aethylenchlorid unter Bildung von Wasser:

$$C\begin{matrix}CH^3\\H^2\\OH\end{matrix} + \begin{matrix}Cl\\Cl\end{matrix} = C\begin{matrix}CH^2Cl\\H^2\\Cl\end{matrix} + OH^2.$$

Die im Vorhergehenden mitgetheilten Thatsachen lassen sich zu einem Schluss auf die Constitution des Aethylens benutzen. Dem Aethylen kann man bekanntlich folgende Formeln beilegen:

$$\overset{IV}{C}\begin{matrix}\overset{IV}{CH^2}\\H^2\end{matrix} \text{ und } \overset{IV}{C}\begin{matrix}\overset{II}{CH}\\H^3\end{matrix} \text{ oder } \overset{II}{C}\begin{matrix}\overset{IV}{CH^3}\\H\end{matrix}$$

Digitized by Google

während die Constitution des Aethans (Aethylwasserstoff) nur durch eine Formel, nämlich $\overset{IV}{C}\begin{matrix}\overset{IV}{CH^3}\\ H^3\end{matrix}$ ausgedrückt werden kann. Seine Chlorsubstitutionsproducte haben die Formeln:

$$\overset{1.}{C\begin{matrix}CH^3\\ H^2Cl\end{matrix}};\quad \overset{2.}{C\begin{matrix}CH^3\\ HCl^2\end{matrix}};\quad \overset{3.}{C\begin{matrix}CH^3\\ Cl^3\end{matrix}};\quad \overset{4.}{C\begin{matrix}CH^2Cl\\ Cl^3\end{matrix}};\quad \overset{5.}{C\begin{matrix}CHCl^2\\ Cl^3\end{matrix}};\quad \overset{6.}{C\begin{matrix}CCl^3\\ Cl^3\end{matrix}}.$$

Kommt nun dem Aethylen die Formel: $\overset{IV}{C}\begin{matrix}\overset{IV}{CH^2}\\ H^2\end{matrix}$ zu, so sind die Formeln des Aethylenchlorids und seiner Substitutionsproducte die Folgenden:

$$\overset{2.}{C\begin{matrix}CH^2Cl\\ H^2Cl\end{matrix}};\quad \overset{3.}{C\begin{matrix}CH^2Cl\\ HCl^2\end{matrix}};\quad \overset{4.}{C\begin{matrix}CH^2Cl\\ Cl^3\end{matrix}};\quad \overset{5.}{C\begin{matrix}CHCl^2\\ Cl^3\end{matrix}};\quad \overset{6.}{C\begin{matrix}CCl^3\\ Cl^3\end{matrix}}.$$

Wie man sieht, hört also hier mit dem 3. Gliede die Metamerie derselben mit den Substitutionsproducten des Aethans auf und mit dem 4. Gliede beginnt die Identität, was mit den Thatsachen übereinstimmt.

Kommt dem Aethylen aber die Formel: $\overset{IV}{C}\begin{matrix}\overset{II}{CH}\\ H^3\end{matrix}$ oder $\overset{II}{C}\begin{matrix}\overset{IV}{CH^3}\\ H\end{matrix}$ zu, so sind die Formeln seiner Substitutionsproducte die folgenden:

$$\overset{2.}{\overset{IV}{C}\begin{matrix}\overset{IV}{CHCl^2}\\ H^3\end{matrix}};\quad \overset{3.}{C\begin{matrix}CHCl^2\\ H^2Cl\end{matrix}};\quad \overset{4.}{C\begin{matrix}CHCl^2\\ HCl^2\end{matrix}};\quad \overset{5.}{C\begin{matrix}CHCl^2\\ Cl^3\end{matrix}};\quad \overset{6.}{C\begin{matrix}CCl^3\\ Cl^3\end{matrix}}$$

oder

$$\overset{2.}{\overset{IV}{C}\begin{matrix}\overset{IV}{CH^3}\\ HCl^2\end{matrix}};\quad \overset{3.}{C\begin{matrix}CH^3\\ Cl^3\end{matrix}};\quad \overset{4.}{C\begin{matrix}CH^2Cl\\ Cl^3\end{matrix}};\quad \overset{5.}{C\begin{matrix}CHCl^2\\ Cl^3\end{matrix}};\quad \overset{6.}{C\begin{matrix}CCl^3\\ Cl^3\end{matrix}},$$

d. h. entweder beginnt hier die Identität der Producte erst mit dem 5. Gliede oder schon mit dem 2. Gliede, was beides mit den Thatsachen nicht übereinstimmt.

Also ist die Formel des Leuchtgases oder Aethylens: $\overset{IV}{C}\begin{matrix}\overset{IV}{CH^2}\\ H^2\end{matrix}$.

Zum Schlusse mögen hier noch einige auf die Identitat des einfach gechlorten Chloräthyl's und des Aldehydchlorids bezügliche Versuche, welche Hr. Stapff angestellt hat, Platz finden.

Digitized by Google

Regnault giebt den Siedepunkt des einfach gechlorten Chloräthyls zu 64° an, während der des Aldehydchlorids bei 58°,7 liegt[1]). Beilstein[2]) hat zuerst die Identität beider Verbindungen, gestützt auf die Analyse eines zwischen 50° und 60° destillirten einfach gechlorten Chloräthyls, wobei er 23,9 Proc. statt 24,2 Proc. Kohlenstoff und 4,4 Proc. statt 4,0 Proc. Wasserstoff fand, und gestützt auf eine Anzahl gleicher Reactionen wahrscheinlich gemacht. Später hat Tollens[3]) den Chlorgehalt eines bei 58—60° siedenden einfach gechlorten Chloräthyls bestimmt und 72 Proc. statt 71,7 Proc. gefunden. Noch später hat wieder Städel[4]) den Siedepunkt des einfach gechlorten Chloräthyls zu 62° angegeben und ebenfalls 71,7 Proc. Chlor darin gefunden.

Die analytischen Resultate, welche Hr. Stapff mit einem zwischen 57° und 59° destillirtem einfach gechlorten Chloräthyl, von etwa beigemengtem Chloräthyl durch längeres Kochen unter Anwendung eines umgekehrten Kühlers, erhalten hat, sind die folgenden, welche beweisen, dass einfach gechlortes Chloräthyl und Aldehydchlorid auch den nämlichen Siedepunkt besitzen.

0,3188 Grm. gaben 0,2785 Grm. Kohlensäure und 0,1195 Grm. Wasser, entspr. 0,075955 Grm. = 23,8 Proc. Kohlenstoff und 0,01328 Grm. = 4,2 Proc. Wasserstoff.

0,2740 Grm. lieferten 0,7955 Grm. Chlorsilber, entspr. 0,1968 Grm. = 71,8 Proc. Chlor.

	ber.	gef.
C^2	= 24,24	23,8
H^4	= 4,04	4,2
Cl^2	= 71,72	71,8
	100,00	

Man kann darnach nun wohl mit Recht auch die Identität beider Verbinduugen für erwiesen erachten.

1) Diese Zeitschrift Bd. I. p. 277.
2) Annal. d. Chem. u. Pharm. Bd. 113. p. 110.
3) Annal. d. Chem. u. Pharm. Bd. 137. p. 312.
4) In d. oben angef. Schrift. p. 11.

Jena, Univ.-Laboratorium. Mai 1870.

Ueber Schwefelsäurechloride.

Von

Dr. A. Michaelis.

1. Pyroschwefelsäurechlorid.

Setzt man ein Gemenge gleicher Volumina Chlorgas und schwefliger Säure dem Sonnenlicht des Juni aus, so erhält man nach REGNAULT[1]) eine farblose bei 77° siedende Flüssigkeit, die die Formel SO_2Cl_2 hat, also als das Sulphurylchorid zu betrachten ist. Ein Körper von gleicher Zusammensetzung soll nach WILLIAMSON[2]) durch Einwirkung von Phosphorsuperchlorid auf Schwefelsäureanhydrid oder auf Sulphurylhydroxylchlorid ($SO_2(OH)Cl$) erhalten werden; nach ODLING[3]) soll sich derselbe auch durch Einwirkung von Phosphoroxychlorid auf Bleisulfat bilden. Ich werde nun im Folgenden zeigen, dass diese drei letzten Angaben vollkommen falsch sind.

Phosphorsuperchlorid wirkt auf reinen, durch nochmalige Destillation völlig von Hydrat befreiten Schwefelsäureanhydrid, bei gewöhnlicher Temperatur nur langsam ein, so dass man etwas im Wasserbade erwärmen muss. Sobald man die Hälfte der nach der Gleichung

$$SO_3 + PCl_5 = SO_2Cl_2 + PCl_3O$$

berechneten Menge Phosphorsuperchlorid zugesetzt hat, ist der Schwefelsäureanhydrid völlig verschwunden und bei weiterem Zusatz entwickelt sich Chlor und schweflige Säure. Durch fractionirte Destillation erhielt ich aus der entstandenen Flüssigkeit neben Phosphoroxychlorid einen bei 143°C siedenden Körper, der also nicht Sulphurylchlorid, son-

---

1) GMELIN, Handbuch der Chem. I. p. 777.

2) Ann. der Chem. u. Pharm. XCII. p. 243. Diese Angabe ist von SCHIFF, Ann. der Chem. u. Pharm. CII. p. 114 bestätigt.

3) ODLING, Handb. der Chem., deutsch von OPPENHEIM I. p. 169. Hieraus auch in mehrere neuere Lehrbücher übergegangen.

Digitized by Google

dern Pyrosulphurylchlorid $S_2O_5Cl_2$ ist. Die Einwirkung verläuft demnach nach der Gleichung

$$S_2O_6 + PCl_5 = S_2O_5Cl_2 + PCl_3O.$$

Dies Pyroschwefelsäurechlorid, dem als solchen die Formel

$$\overset{vi}{S}\begin{matrix}O\\O\\O\\Cl_2\end{matrix}\Big\}\overset{vi}{S}O_2 \text{ oder } \overset{vi}{S}\begin{matrix}O_2\\O\\Cl\end{matrix}\left(\overset{vi}{S}\begin{matrix}O_2\\Cl\end{matrix}\right)$$

zukömmt, ist schon früher von Rose [1]) durch Einwirkung von Schwefelsäureanhydrid auf Chlorschwefel, und von Rosenstiehl [2]) durch Einwirkung desselben Körpers auf Chlornatrium dargestellt worden. Der letztere Chemiker hielt die Verbindung für einfach gechlorte wasserfreie Schwefelsäure S_2O_5Cl, was damals bei den alten Atomgewichten möglich war. Lieben verdoppelte die Formel, indem er die Verbindung als

Disulphurylchlorid $\begin{matrix}\overset{II}{(SO_2)}\\\overset{II}{(SO_2)}\\Cl_2\end{matrix}\Big\}O$ auffasste. In der letzten Zeit ist das Pyroschwefelsäurechlorid neben Phosgengas von Schützenberger [4]) durch Einwirkung von Schwefelsäureanhydrid auf den Chlorkohlenstoff CCl_4 erhalten worden, gemäss der Gleichung

$$S_2O_6 + CCl_4 = S_2O_5Cl_2 + CCl_2O.$$

Dasselbe bildet eine farblose ölige Flüssigkeit, die bei 146°C (corrg) siedet und deren spec. Gew. bei 18°C = 1,819 ist [5]). Mit Wasser zersetzt es sich l a n g s a m und o h n e G e r ä u s c h zu Schwefelsäure und Salzsäure, durch welches Verhalten es sich leicht, wie wir weiter unten sehen werden, von dem Sulphurylhydroxylchlorid unterscheiden lässt. Mit Phosphorsuperchlorid zusammengebracht könnte unter Bildung von Phosphoroxychlorid das Sulphurylchlorid SO_2Cl_2 entstehen, denn es ist:

$$S_2O_5Cl_2 + PCl_5 = 2SO_2Cl_2 + PCl_3O.$$

Dies ist jedoch nicht der Fall, sondern es treten nur die Zersetzungsproducte von SO_2Cl_2 nämlich C h l o r und s c h w e f l i g e S ä u r e

---

1) Gmelin, Handb. d. Chem. I. p. 778. 2) Jahresber. 14. p. 120.

3) Rep. chim. pure IV. 90. 4) Zeitschrift f. Chem. 1869. p. 631.

5) Diese Zahlen stimmen mit den von H. Rose angegebenen nahe überein. Dieser fand spec. Gew. = 1,818, Siedep. 145°, während Rosenstiehl spec. Gew. = 1,762 Siedep. zwischen 145 und 150° angiebt. Letzterer giebt auch an, seine Verbindung habe sich mit Wasser heftig zersetzt; wahrscheinlich war sie deshalb ein Gemenge von Pyroschwefelsäurechlorid und Sulphurylhydroxylchlorid.

Digitized by Google

auf, welche sich leicht durch Geruch und Farbe nachweisen lassen. Der wirkliche Verlauf der Reaction wird also durch die Gleichung

$$S_2O_5Cl_2 + PCl_5 = 2SO_2 + Cl_4 + PCl_3O$$

ausgedrückt. Wendet man bei der Einwirkung von Phosphorsuperchlorid auf Schwefelsäureanhydrid soviel des ersteren Körpers an, wie WILLIAMSON angiebt, so erhält man nur Phosphoroxychlorid, Chlor und schweflige Säure.

Ebenso wenig lässt sich das Sulphurylchlorid durch Einwirkung von Phosphorsuperchlorid auf Sulphurylhydroxylchlorid darstellen. Dieses verhält sich vielmehr genau so wie $S_2O_6 + H_2Cl_2$ und giebt demnach bei Anwendung der von WILLIAMSON angegebenen Menge Phosphorsuperchlorid nur Chlor, schweflige Säure, Salzsäure und Phosphoroxychlorid; nimmt man jedoch nur die Hälfte Superchlorid, so bildet sich Pyroschwefelsäurechlorid nach der Gleichung:

$$S_2O_6H_2Cl_2 + PCl_5 = S_2O_5Cl_2 + H_2Cl_2 + PCl_3O.$$

Demnach sind beide Angaben WILLIAMSON's über die Bildung von Sulphurylchlorid, sammt der Bestätigung der einen durch SCHIFF, unrichtig.

Schliesslich gebe ich noch eine dritte Bildungsweise des Pyroschwefelsäurechlorids an. Erhitzt man nämlich 3 Aeq. Schwefelsäureanhydrid mit 2 Aeq. Phosphoroxychlorid im zugeschmolzenen Rohr längere Zeit auf 160°, so entsteht Pyrosäureschwefelchlorid und Phosphorsäureanhydrid nach der Gleichung:

$$3S_2O_6 + 2PCl_3O = 3S_2O_5Cl_2 + P_2O_5.$$

Die Angabe ODLINGS, dass bei der Einwirkung von Phosphoroxychlorid auf Bleisulfat Sulphurylchlorid entstehen soll, ist mir unbegreiflich, da auch, wenn beide Substanzen in einer Retorte anhaltend zusammen erhitzt werden, keine Spur von Einwirkung zu bemerken ist.

Das Sulphurylchlorid SO_2Cl_2 ist also aus dem Schwefelsäureanhydrid auf keine Weise zu erhalten, letzterer verhält sich vielmehr wie S_2O_6.

2. Sulphurylhydroxylchlorid.

Lässt man Phosphorsuperchlorid auf Schwefelsäurehydrat einwirken, in dem Verhältniss wie sich dies aus der von WILLIAMSON [1]) aufgestellten Gleichung

$$SO_4H_2 + PCl_5 = SO_3HCl + HCl + PCl_3O$$

berechnet, und unterwirft den höher siedenden Theil der erhaltenen

[1]) Ann. d. Chem. u. Pharm. XCII. p. 242.

Digitized by Google

Flüssigkeit der fractionirten Destillation, so erhält man zwei Producte, von denen das eine bei 143°, das andere bei 155° siedet. Nur dies letztere ist reines Sulphurylhydroxylchlorid, während das erstere aus Pyroschwefelsäurechlorid besteht, welches sich durch Einwirkung von dem Phosphorsuperchlorid auf das Hydroxylchlorid gebildet hat. Beide Körper lassen sich sehr leicht durch ihre Reaction gegen Wasser von einander unterscheiden. Während nämlich, wie schon oben angegeben, das Pyroschwefelsäurechlorid sich ohne Geräusch mit Wasser zersetzt, verursacht jeder Tropfen des Hydroxylchlorids, welcher in kaltes Wasser fällt, ein explosionsartiges Geräusch, dem vergleichbar, welches Schwefelsäureanhydrid erzeugt, indem es sich dabei sofort als Salzsäure und Schwefelsäure auflöst. Ein Gemisch beider Chloride zeigt immer noch starkes Zischen, wenngleich nicht so heftiges wie die reine Verbindung.

Reines Sulphurylhydroxylchlorid erhält man nur bei Anwendung von 3 Aeq. Schwefelsäure auf 1 Aeq. Phosphorsuperchlorid, wobei letzteres in Metaphosphorsäure übergeht.

$$3SO_4H_2 + PCl_5 = 2HCl + PO_3H + 3SO_3HCl,$$

wie schon von Williams [1]) angegeben ist, oder durch Erhitzen von Phosphoroxychlorid und Schwefelsäure, wobei ebenfalls Metaphosphorsäure entsteht, nach der Gleichung:

$$SO_4H_2 + 2POCl_3 = SO_3HCl + 2PO_3H + HCl.$$

Letzeres ist eine sehr bequeme Darstellungsmethode dieses Chlorids.

Das Sulphurylhydroxylchlorid ist eine farblose Flüssigkeit, die bei 158°4 C (corrg) siedet; ihr spec. Gew. ist bei 18° C = 1,776. Gegen Wasser zeigt sie das oben angegebene charakteristische Verhalten.

Eine weitere bequeme Darstellungsweise des Sulphurylhydroxylchlorids ist die durch Einwirkung von Phosphorchlorür auf Schwefelsäure. Diese beiden Körper wirken bei gewöhnlicher Temperatur erst bei längerm Stehen auf einander, sehr lebhaft dagegen beim Erwärmen. Unter Entweichen von Strömen schwefliger Säure und Salzsäure bildet sich Phosphorsäureanhydrid und die Verbindung nach der Gleichung

$$3SO_4H_2 + 2PCl_3 = 2SO_2 + SO_3HCl + 5HCl + P_2O_5.$$

Diese Reaction ist dadurch merkwürdig, dass der im Phosphorchlorür dreiwerthig erscheinende Phosphor hier in fünfwerthigen übergeht.

---

1) Zeitschr. f. Chem. u. Pharm. 1869. p. 665.

Digitized by Google

Ueber die Einwirkung von Phosphorchlorür auf Anhydride und Chloride.

Von

Dr. A. Michaelis.

Erste Mittheilung.

In einer früheren Arbeit[1]) habe ich nachgewiesen, dass das Phosphorchlorür gebundenen Sauerstoff unter Bildung von Phosphoroxychlorid wegzunehmen vermag, dass dasselbe also zu den reducirenden Mitteln gehört. Es war nun interessant zu untersuchen, wie weit diese reducirende Eigenschaft geht, ob das Phosphorchlorür auch im Stande ist verhältnissmässig fest gebundenen Sauerstoff seinen Verbindungen zu entreissen. Im Allgemeinen habe ich gefunden, dass das Phosphorchlorür bei gewöhnlicher Temperatur keine sehr starke Affinität zum Sauerstoff zeigt, dass aber die Affinität mit wachsender Temperatur sehr rasch zunimmt und es dann im Stande ist sehr feste Verbindungen zu zerstören. Die von mir bis jetzt angestellten Versuche sind folgende:

1. Phosphorchlorür und Thionylchlorür.

1 Aeq. Thionylchorür $SOCl_2$ wurde mit 3 Aeq. Phosphorchlorür im Oelbad im zugeschmolzenen Rohr 24 Stunden lang auf 160° erhitzt. Beim Erkalten schied sich ein fester weisser Körper aus, der sich durch sein Verhalten beim Erhitzen und gegen Oxalsäure als Phosphorsuperchlorid erwies. Die von ihm abgegossene Flüssigkeit konnte durch fractionirte Destillation in Phosphoroxychlorid und Phosphorsulphochlorid zerlegt werden. Letzteres wurde ausser durch seinen Siedepunkt (124°) auch durch Zersetzen eines Theils der Flüssigkeit durch

---

1) Diese Zeitschrift Bd. VI. p. 93.

Digitized by

Natronlauge und Hinzufügen von Bleiacetat durch das entstehende Schwefelblei nachgewiesen [1]).

Die Zersetzung war also nach der Gleichung

$$3PCl_3 + SOCl_2 = PCl_5 + POCl_3 + PSCl_3$$

verlaufen. Sie geht der grossen Beständigkeit des Thionylchlorür wegen nur langsam vor sich, ist aber vollständig. Nimmt man einen Ueberschuss von Thionylchlorür, so erhält man das Phosphorsuperchlorid in sehr schönen völlig durchsichtigen Krystallen.

Die Resultate dieses Versuchs veranlassten mich auch die Einwirkung von Phosphorchlorür auf Chlorschwefel (SCl) zu untersuchen. Der Letztere wird durch das Phosphorchlorür viel schneller zersetzt als Thionylchlorür. Schon nach sechsstündigem Erhitzen auf 160° ist die Reaction beendet; unter Entfärbung der Flüssigkeit scheidet sich Phosphorsuperchlorid aus, indem sich gleichzeitig Phosphorsulphochlorid bildet

$$3PCl_3 + 2SCl = 2PCl_3S + PCl_5.$$

Da sich diese beiden Körper durch Destillation leicht reinigen lassen, so kann man auf diese Weise bequem reines Phosphorsulphochlorid darstellen.

2. Phosphorchlorür und Schwefligsäureanhydrid.

Beide Körper vermischen sich bei gewöhnlicher Temperatur ohne Wärmeentwicklung, auch als dieselben im verschlossenen Rohr bis auf 140° erhitzt wurden, fand keine nennenswerthe Einwirkung statt.

3. Phosphorchlorür und Schwefelsäureanhydrid.

Jeder Tropfen Phosphorchlorür bewirkt, wenn er zu Schwefelsäureanhydrid kommt, lebhaftes Zischen und starke Wärmeentwicklung, indem sich schweflige Säure entwickelt. Es wurde deshalb 1 Mgt. Phosphorchlorür tropfenweise zu 1 Mgt. stark abgekühltem Schwefelsäureanhydrid fliessen gelassen. Unter Entwicklung von viel schwefliger Säure verflüssigte sich der Anhydrid vollständig und die erhaltene Flüssigkeit erwies sich als fast reines Phosphoroxychlorid. Der Hergang ist:

---

1) Bei dieser Gelegenheit will ich noch einen früher angestellten Versuch angeben. Giesst man zu Selenylchlorür Thionylchlorür, so entsteht unter Entwicklung von schwefliger Säure Selentetrachlorid

$$SeOCl_2 + SOCl_2 = SO_2 + SeCl_4.$$

So erklärt sich die Angabe Rose's, dass Selentetrachlorid sich unverändert in schwefliger Säure sublimiren lässt.

Digitized by Google

$$SO_3 + PCl_3 = SO_2 + PCl_3O.$$

Diese Reaction lässt sich am leichtesten zur directen Umwandlung des Phosphorchlorürs in Phosphoroxychlorid benutzen; sie verläuft fast ganz glatt, denn 40 Grm. Chlorür lieferten 43 Grm. Oxychlorid.

4. Phosphorchlorür und Arsenigsäureanhydrid.

Arsenigsäureanhydrid wird schon bei 110° vom Phosphorchlorür angegriffen, wobei er sich durch ausgeschiedenes Arsen braun färbt. Zuletzt wurde bis 130° erhitzt, um sicher zu sein, dass die Reaction beendet sei. Die Flüssigkeit hatte sich sehr vermindert und erwies sich als bei 132° siedendes Arsenchlorür. Die ausgeschiedenen festen Körper waren Arsen und Phosphorsäureanhydrid. Die Einwirkung war also hier nach der Gleichung

$$5As_2O_3 + 6PCl_3 = 4As + 3P_2O_5 + 6AsCl_3$$

vor sich gegangen.

Es hätte sich zuerst Phosphoroxychlorid bilden und dieses sich dann mit dem Arsenigsäureanhydrid im Arsenchlorür und Phosphorsäureanhydrid umsetzen können

$$As_2O_3 + 3PCl_3 = 2As + 3PCl_3O$$
$$As_2O_3 + 2PCl_3O = 2AsCl_3 + P_2O_5,$$

allein dies scheint doch nicht der Fall zu sein, sondern der Phosphorsäureanhydrid sich unmittelbar zu bilden, da Phosphoroxychlorid und Arsenigsäureanhydrid selbst bis 160° erhitzt, keine Einwirkung auf einander zeigten.

Auf Arsensäureanhydrid wirkt das Phosphorchlorür selbst beim Erhitzen damit bis auf 200° merkwürdiger Weise gar nicht ein.

Digitized by

Ueber die Quantivalenz des Phosphors und über die Einwirkung von Phosphorchlorür und Brom auf Benzoësäure.

Von

A. Geuther und A. Michaelis.

Die im Vorhergehenden mitgetheilten Thatsachen über die Leichtigkeit, mit welcher das Phosphortrichlorid Sauerstoff von Verbindungen wegnimmt und sich dadurch in Phosphoroxychlorid verwandelt, schien uns für die Frage nach der Werthigkeit des Phosphors von Wichtigkeit werden zu können. Bekanntlich ist man verschiedener Meinung über die Valenz. Entweder kann man sie nämlich als absolutes Verbindungsvermögen eines Elementes auffassen, oder sie als den Substitutionswerth oder die Aequivalentigkeit desselben in seinen verschiedenen Verbindungen, definiren. Während die Werthigkeit, der letzteren Ansicht zufolge, welche von den einen von uns [1]) in der neuesten Zeit für alle Verbindungen durchgeführt ist, eine wechselnde Grösse für ein und dasselbe Element sein kann, muss sie nach der ersten Ansicht nothwendig eine constante Grösse sein, über deren wirklichen Werth aber in Beziehung auf viele Elemente verschiedene Meinungen herrschen. So halten die Einen den Phosphor für trivalent, die Anderen ihn dagegen für pentavalent. Zu den Vertretern der ersteren Ansicht gehört Wichelhaus, welcher in seiner Abhandlung »Ueber die Verbindungen des Phosphors« [2]) behauptet, die Frage nach der Werthigkeit dieses Elements experimentell entschieden zu haben und zwar zu Gunsten der Trivalenz desselben, indem er die Frage nach der Valenz des Phosphors für eine Frage nach der Constitution des Phosphoroxychlorids, Triäthylphosphinoxyds, so wie deren Analoge erklärt hat.

---

1) Geuther, Lehrbuch der Chemie, gegr. auf die Werthigkeit der Elemente.

2) Ann. d. Chem. u. Pharm. Supplem. Bd. 6. p. 257.

Digitized by Google

Diese Behauptung stützt sich hauptsächlich auf folgende zwei Versuche. Der erste besteht in der Thatsache, dass durch Einwirkung von Chlor auf Aethylphosphorigsäurechlorür Phosphoroxychlorid und Chloräthyl gebildet werden. Diesen Process fasst WICHELHAUS auf als nach der Gleichung:

$$P\begin{matrix}(C^2H^5O)\\ Cl^2\end{matrix} + 2Cl = P\begin{matrix}(ClO)\\ Cl^2\end{matrix} + C^2H^5Cl$$

verlaufend. Danach würde also im Aethoxyl das Aethyl direct durch Chlor substituirt werden. Dies ist indessen sehr unwahrscheinlich und zwar deshalb, da in allen Fällen, wo Chlor auf Hydroxyl wirkt, es dasselbe als Ganzes und nicht den Wasserstoff desselben allein substituirt. Viel wahrscheinlicher ist es daher, dass dem analog zunächst die ganze Gruppe Aethoxyl durch ein Chlor ersetzt wird, so dass Phosphorchlorür und Unterchlorigsäureäther entstehen, dass Ersteres aber sofort, seiner Neigung sich zu oxydiren folgend, den gebildeten Aether zu Chloräthyl reducirt. Danach würde der Process als nach folgenden zwei Phasen verlaufend zu denken sein:

$$P\begin{matrix}C^2H^5O\\ Cl^2\end{matrix} + 2Cl = PCl^3 + (C^2H^5.O)Cl$$

$$PCl^3 + (C^2H^5.O)Cl = POCl^3 + C^2H^5Cl$$

Demgemäss folgt also aus dieser Einwirkung durchaus nicht die Formel $PCl^2(OCl)$ für das Phosphoroxychlorid.

Der zweite Versuch besteht in dem Folgenden, das wir wörtlich mittheilen. »Lässt man Brom zu einem Gemenge von je 1 Mol. $C^7H^6O^2$ und PCl^3 tropfenweis zufliessen, so beginnt gleich eine heftige Reaction: es entweichen rauchende Dämpfe, die Chlorwasser braun färben, also Bromwasserstoff sind, und es tritt allmählich Verflüssigung ein. Die nach dem Zusatz von 1 Mol. Brom schwach gefärbte Masse lässt sich ohne Rückstand destilliren, enthält also nicht etwa Brombenzoesäure. Man erhält neben Benzoylchlorid einen höher als Phosphoroxychlorid siedenden Körper, der bei der Rectification den von MENSCHUTKIN für Phosphoroxychlorbromür angegebenen Siedepunkt (135—137°) zeigt und die entsprechende Zusammensetzung hat, wie aus der folgenden Analyse hervorgeht [1].« Die Analyse ergab 40,54 pC. Br. und 36,66 pC. Cl. Die Formel $POCl^2Br$ verlangt 40,4 pC. Br und 35,85 pC. Cl. Der Phosphor wurde nicht bestimmt, desgleichen findet sich keine Angabe darüber, dass das erhaltene Benzoylchlorid auf seine Reinheit geprüft worden ist.

WICHELHAUS denkt sich nun, unter der Annahme, dass das von ihm analysirte, zwischen 135 und 137° destillirte Product wirklich Phos-

1) a. a. O. p. 277.

phoroxychlorbromid sei, die Reaction nach den beiden Gleichungen verlaufend

$$PCl^3Br^2 + C^7H^5O.OH = PCl^3 + C^7H^5O.OBr + BrH$$
$$PCl^3 + C^7H^5O.OBr = PCl^2(OBr) + C^7H^5O.Cl$$

Sonach ist die Constitution des Phosphoroxychlorbromids durch die Formel $PCl^2(OBr)$, die des Phosphoroxychlorids durch die Formel $PCl^2(OCl)$ ausgedrückt. Erstere Verbindung enthält also Bromoxyl (*OBr*), letztere Chloroxyl (OCl).

Wäre die Constitution des Phosphoroxychlorids wirklich die vorerwähnte, so würde es, wie auch Wichelhaus schon bemerkt, mit dem essigsauren Chlor von Schützenberger zu vergleichen sein, in welchem das Chloroxyl an Stelle von Hydroxyl wirklich enthalten ist. Ein Blick auf die Eigenschaften beider Verbindungen zeigt indess schon, dass sie durchaus nicht zu vergleichen sind: das essigsaure Chlor zersetzt sich schon allmählich bei gewöhnlicher Temperatur und beim Erhitzen auf 100° unter Explosion, das Phosphoroxychlorid ist dagegen eine sehr beständige Verbindung, welche sich auch in höheren Temperaturen aus Phosphorchlorür und Sauerstoff bildet. Während ersteres die Unbeständigkeit der verschiedenen Chlorsäuren besitzt, d. h. sehr lose gebundenen Sauerstoff enthält, hat Letzteres eine diesen entgegensetzte Beständigkeit und enthält den Sauerstoff sehr fest gebunden, so dass es unter Reduction anderer Sauerstoffverbindungen entsteht und wohl sein Chlor, nicht aber seinen Sauerstoff abgiebt.

Diese Ueberlegungen waren es, welche uns zur Anstellung der im Folgenden mitgetheilten Versuche veranlassten. Wir sind im Laufe der Untersuchung auch dazu geführt worden, den oben angeführten Versuch zu wiederholen und sind dabei, das sei hier sogleich bemerkt, zu ganz anderen Resultaten als Wichelhaus gelangt. Wir haben nämlich keine Spur von Phosphoroxychlorbromid beobachten können, sondern neben Benzoylchlorid nur Phosphoroxychlorid und Phosphoroxybromid erhalten.

An Stelle der Benzoesäure im obigen Versuch haben wir zunächst die äquivalente Menge Wasser auf PCl^3 und Br^2 einwirken lassen. Würde die Reaction verlaufen wie Wichelhaus annimmt, so müssten wir erhalten Bromwasserstoff, Chlorwasserstoff und Phosphoroxychlorbromid:

$$PCl^3Br^2 + H.OH = PCl^3 + H.OBr + BrH$$
$$PCl^3 + H.OBr = PCl^2(OBr) + ClH.$$

Lässt man zu der kalt gewordenen Mischung von 1 Mgt. Phosphorchlorür und 1 Mgt. Wasser allmählich 2 Mgte. Brom fliessen, so verschwindet die Farbe des Broms sofort unter Entwicklung von Brom-

Digitized by Google

wasserstoff und Chlorwasserstoff. Der Rückstand liefert nach fractionirter Destillation unter Hinterlassung von etwas Phosphorsäure bei 110° siedendes Phosphoroxychlorid, und einen krystallinisch erstarrenden Körper, dessen Siedepunkt (195°) und Schmelzpunkt (46°) mit dem des Phosphoroxybromids übereinstimmt und der in der That nichts anderes als diese Verbindung ist. Die Einwirkung verläuft also nicht nach obigen Gleichungen, sondern geht in folgender Weise vor sich:

$$3PCl^3Br^2 + 3OH^2 = 2POCl^3 + POBr^3 + 3ClH + 3BrH.$$

Es ist dies offenbar durch die grosse Verwandtschaft des Chlors zum Wasserstoff und die des Phosphors zum Sauerstoff bedingt.

Die Leichtigkeit, mit der die Bildung von Phosphoroxybromid auf diese Weise vor sich geht, ist besonders bemerkenswerth, denn man braucht nur ein Gemenge von PCl^3 und Br in einen feuchten Cylinder zu giessen, um sofort die Wände desselben sich mit Krystallen von Phosphoroxybromid überziehen zu sehen. Dieselben sind dann aber nicht farblos, sondern durch das überschüssige Brom roth gefärbt.

Auf diese Weise lässt sich leicht und schnell Phosphoroxybromid in grösseren Mengen darstellen. Das gleichzeitig gebildete Phosphoroxychlorid kann man bequem durch Destillation entfernen, so dass man nahezu die berechnete Menge Phosphoroxybromid erhält. Man kann auch an Stelle der 3 Mgt. Wasser 1 Mgt. Perhydroxyloxalsäure $[C^2(OH)^6]$ anwenden, zur Darstellung grösserer Mengen des Phosphoroxybromids indess haben wir die Anwendung von Wasser zweckmässiger gefunden.

Nach diesen Versuchen schien es uns sehr wahrscheinlich, dass auch die Einwirkung von Brom und Phosphorchlorür auf Benzoesäure nach der Gleichung

$$3PCl^3Br^2 + 3(C^7H^5O.OH) = 2POCl^3 + POBr^3 + 3C^7H^5OCl + 3BrH$$

vor sich gehen, dass aber das Phosphoroxybromid von dem Benzoylchlorid ihrer nahezu gleichen Siedepunkte halber (195° und 196°) nur schwer zu trennen sein würde. Wir haben den Versuch mit 40 Grm. Benzoesäure, 45,2 Grm. Phosphorchlorür und 52,4 Grm. Brom ganz in derselben Weise ausgeführt, wie es Wichelhaus angiebt. Die unter Erwärmung und Entwicklung von Bromwasserstoff flüssig gewordene Masse wurde alsdann der fractionirten Destillation unterworfen und es gelang bald den bis 190° siedenden Antheil in zwei Producte von 110—115° und von 150—180° Sdp. zu zerlegen. Alles dawischen Siedende verschwand bei wiederholter Destillation vollständig, so dass ein Product, welches zwischen 135 und 137° constant gesiedet hätte, nicht zu erhalten war. Das zwischen 150 und 190° Siedende, welches vorhandenes Phosphoroxybromid enthalten musste, wurde in Eiswasser

Digitized by Google

gesetzt, ohne dass selbst nach längerer Zeit eine Krystallisation zu bemerken war; als aber in die so abgekühlte Flüssigkeit ein kleines Kryställchen von Phosphoroxybromid gebracht wurde, erstarrte sie sofort zum grössten Theil. Die davon abgegossene Flüssigkeit wurde von Neuem rectificirt; sie liess sich zerlegen in Phosphoroxychlorid in über 190° Siedendes und in ein Zwischenproduct, welches nach dem Abkühlen und Zufügen eines der vorher erhaltenen Krystalle wieder zum theilweisen Krystallisiren gebracht werden konnte. Durch fortgesetzte gleiche Behandlung und durch erneuertes Rectificiren des krystallisirten Theils liess sich eine Partie des Letzteren fast rein erhalten. Nebenhergehende Schmelzpunktbestimmungen dienten zur Controle. Der Schmelzpunkt erhöhte sich bei fortgesetzter Reinigung stetig; da das Phosphoroxybromid aber in Phosphoroxychlorid sowohl als in Benzoylchlorid sehr leicht löslich ist, so erniedrigen nur sehr geringe Mengen von diesen Flüssigkeiten, wenn sie den Phosphoxybromid anhängen, seinen Schmelzpunkt schon beträchtlich. Es zeigt das die krystallisirte Substanz, welche zur Analyse verwandt wurde, und die schon bei 40°,6 C. schmolz.

1) 0,4898 Grm. derselben gaben 0,9751 Grm. Chlorsilber + Bromsilber.

2) 0,5997 Grm. dieses Gemenges verloren beim Glühen im Chlorgas 0,1386 Grm. an Gewicht.

Daraus berechnen sich 82,63 pC. Brom und 1,18 pC. Chlor.

Ferner gaben

0,4761 Grm. Subst. 0,1847 $P^2O^7Mg^4$ entspr. 10,81 pC. Phosphor.

Die analysirten Krystalle waren also fast reines $POBr^3$

	ber.	gef.
P	= 10,80	10,81
Br	= 83,62	82,63.

Die gefundene Menge Chlor 1,18 pC. rührte wohl von anhängendem Benzoylchlorid her, welches auch den Schmelzpunkt erniedrigte.

Der grösste Theil von gebildetem Phosphoroxybromid ist vom Benzoylchlorid auf oben angegebene Weise indess nicht zu trennen. Von seiner Anwesenheit in dem höchst siedenden (196°), wiederholt rectificirten Theile kann man sich aber leicht überzeugen, wenn man denselben mit Wasser zersetzt. In der Lösung lässt sich dann eine ziemlich beträchtliche Menge von Brom und Phosphorsäure nachweisen.

Die Analyse des von 110—115° siedenden Antheils führte zu folgenden Resultaten:

1) 0,4581 Grm. Subst. gaben 1,2608 Grm. AgCl. entspr. 68,08 pC. Chlor.

Digitized by Google

2) 0,5814 Grm. Subst. gaben 0,4000 Grm. $P^2O^7Mg^4$ entspr. 19,21 pC. Phosphor.

Mit der Formel des Phosphoroxychlorids verglichen

	ber.	gef.
Cl	= 69,5	68,08
P	= 20,1	19,21

zeigt sich allerdings keine ganz genaue Uebereinstimmung, indess machen diese Resultate verglichen mit dem Siedepunkte und den sonstigen Eigenschaften der Substanz es zweifellos, dass dieselbe aus fast reinem Phosphoroxychlorid bestand.

Danach ist also die von WICHELHAUS angegebene Art der Einwirkung von PCl^3Br^2 auf Benzoesäure nicht richtig und das von ihm für $PCl^2(OBr)$ gehaltene bei 135—137° Destillirende ein Gemenge gewesen, wohl hauptsächlich aus Phosphoroxychlorid und Phosphoroxybromid bestehend.

Gang analog wie auf Benzoesäure wirkt PCl^3Br^2 auch auf Essigsäure ein

$$3PCl^3Br^2 + 3C^2H^3O.(OH) = C^2H^3O.Cl + PBr^3O + 2PCl^3O + 3BrH.$$

Durch eine Nebenwirkung entsteht aber zugleich ein höher siedender Körper, der das Chlorid einer gebromten Essigsäure zu sein scheint. Dieser verhindert das Erstarren des Phosphoroxybromids ebenfalls, so dass man auch, um es krystallisirt zu erhalten, genöthigt ist, das höchst Siedende abzukühlen.

Hier sei noch eines Versuches Erwähnung gethan, den wir ausgeführt haben, um die Veränderung zu erfahren, welche das Benzoylbromid durch Phosphoroxychlorid erleidet. Durch Einwirkung von Brom auf Bittermandelöl nach WÖHLER dargestelltes Brombenzoyl löst sich beim gelinden Erhitzen vollständig in Phosphoroxychlorid auf. Beim stärkeren Erhitzen bräunt sich die Lösung und es destillirt bei 196—200° eine die Augen heftig reizende Flüssigkeit über, während ziemlich viel Kohle im Destillationsgefäss zurückbleibt. Das Destillat besteht grösstentheils aus Chlorbenzoyl und Phosphoroxybromid, welch letzteres sich auf die oben angegebene Weise theilweise isoliren liess. Sieht man von der tiefer gehenden Zersetzung, welche die Ausscheidung der Kohle veranlasste, ab, so lässt sich die Einwirkung durch die Gleichung ausdrücken

$$3C^7H^5O.Br + PCl^3O = 3C^7H^5O.Cl + PBr^3O.$$

Da demnach Phosphoroxychlorid und Benzoylbromür gar nicht neben einander bestehen können, so muss, auch wenn man die Einwirkung von PCl^3Br^2 auf Benzoesäure als eine Wirkung von Phosphorsuperchlorid und Phosphorsuperbromid auf dieselbe betrachten wollte,

Digitized by

was man ganz gut kann (denn $5PCl^3Br^2 = 3PCl^5 + 2PBr^5$), doch im Endproduct das Brom nicht als Benzoylbromid, sondern als Phosphoroxybromid enthalten sein.

Diese Versuche, durch welche die auf eine falsche Voraussetzung basirten Schlüsse von Wichelhaus ihre Beweiskraft verlieren, sind eben des ganz andern Resultates halber, zu welchem sie geführt haben, im Verein mit der Entstehung des Phosphoroxychlorids aus Phosphorchlorür und gebundenem Sauerstoff wohl als directe Beweise für die Pentavalenz des Phosphors d. h. dafür anzusehen, dass die Maxivalenz dieses Elementes gleich V ist.

Jena, Univ.-Laboratorium, Mai 1870.

Digitized by Google

Die Bestäubung der Gymnospermen.

Von

Dr. Eduard Strasburger.

Mit Tafel VIII.

Schon im Laufe des vorigen Jahres, als ich die Vorgänge der Befruchtung bei den Coniferen untersuchte, musste ich mir oft die Frage aufwerfen, wie denn die Bestäubung dieser Pflanzen erfolge? — In der Literatur war über diesen Gegenstand kaum etwas mehr zu finden, als dass der Wind es sei, der diese Bestäubung vermittele. Mir schien die Sache nicht so einfach sich zu erledigen, denn wenn der Blüthenstaub, durch den Wind getragen, auch an die Samenknospen gelangen kann, so bleibt es doch immer fraglich, wie er, selbst in bedeutender Menge vorhanden, in die oft so enge Oeffnung der Samenknospe gerathen soll.

Bei Pinus war dies noch leichter a priori vorzustellen: hier dürften die Schuppen den Pollen auffangen und ihn der Micropyle zuleiten; wie aber sollte die Bestäubung erfolgen bei Taxus oder Salisburia mit einzeln stehenden, geneigten Samenknospen und so enger Micropyle? Die Vermuthung, dass eine mechanische Einrichtung hier die Bestäubung erleichtere, wurde so äusserst nahe gelegt und auch noch durch den Umstand verstärkt, dass die Pollenkörner nicht etwa an den äusseren Theilen der Micropyle hängen bleiben, um dort ihre Schläuche zu treiben, sondern stets in das Innere der Samenknospe, bis auf den Knospenkern derselben gelangen. Andrerseits sind in allen analogen Fällen, wo man, auf die grosse Menge der männlichen Elemente sich stützend, bisher den Zufall allein als ausreichend erachtete, um die Befruchtung zu sichern, bestimmte Einrichtungen entdeckt worden, welche das Zusammentreffen der männlichen und der weiblichen Geschlechtsproducte

Digitized by Google

erleichtern [1]: — so dürften solche auch bei Coniferen zu finden sein und ich beschloss nach denselben im Laufe dieses Frühjahres zu suchen.

Die erste Pflanze, welche ich zu beobachten Gelegenheit hatte, war Taxus baccata [2], Fig. 1 u. 2, und diese war sofort auch geeignet mich über den fraglichen Vorgang aufzuklären. An einem schönen, sonnigen Tage, wo die männlichen Blüthen in voller Reife, bei der leisesten Bewegung mächtig stäubten, sah ich fast an jeder Samenknospe des untersuchten Baumes einen kleinen Flüssigkeitstropfen an der Micropyle glänzen. Die Rolle dieser Tropfen war nicht schwer zu errathen: die vorbeifliegenden Pollenkörner konnten in dieselben mit grösster Leichtigkeit gerathen, und bei näherer Untersuchung zeigte sich auch jeder Tropfen dicht mit Pollenkörnern erfüllt. Allmählich verdunsteten die Tropfen; sie zogen sich in die Mycropyle wieder langsam zurück. Gegen Abend war von den Tropfen meist nichts mehr zu erblicken. Die Pollenkörner dagegen konnte man nun im Inneren der Samenknospe wiederfinden; sie waren bis auf den Nucleus gelangt, an dessen Spitze das Gewebe sich zu der gleichen Zeit aufgelockert, ja zum Theil desorganisirt hatte, so dass die Pollenkörner leicht ihre Schläuche in dasselbe treiben konnten. Diese Beobachtungen an Taxus baccata konnte ich mehrere Tage lang wiederholen und war es mir nicht mehr befremdend, als ich dieselben Erscheinungen etwa einen Monat später mit allen ihren Eigenthümlichkeiten bei Salisburia adiantifolia [3], Fig. 5, 6, 7, auftreten sah. Auch bei Salisburia wird zur Zeit der Bestäubung an dem zierlich ausgebreiteten Micropyl-Rande der verschiedentlich orientirten Samenknospen ein klarer Flüssigkeitstropfen ausgeschieden (Fig. 6), in welchem ebenfalls die Pollenkörner aufgefangen und durch dessen nachträgliche Verdunstung sie ins Innere der Samenknospe eingeführt werden (Fig. 7). Das Gewebe an der Spitze des Knospenkernes hat sich zur Zeit der Bestäubung aufgelockert, ja theilweise aufgelöst, so dass ein tiefer Kanal entsteht, der fast bis in die Mitte des Knospenkernes führt (Fig. 7). Tief in diese Höhlung gerathen nun die

---

1) Selbst bei höheren Cryptogamen. (Vergleiche meine Untersuchung über die Befruchtung bei den Farrnkräutern: Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik. Bd. VII, p. 390. — Die Geschlechtsorgane und die Befruchtung bei Marchantia polymorpha. Ebendaselbst p. 409.)

2) Vergl. Richard und Achille Richard filius, Commentatio bot. de Conifereis et Cycadeis 1826. Taf. 2 und auch Sachs, Lehrbuch der Botanik. 2. Auflage, p. 421 Fig. 318.

3) Vergl. die Abbildung bei Zuccarini, Zur Morphologie der Coniferen. Taf. III, Fig. 1. — Auch Sachs, Lehrbuch der Botanik. 2. Auflage, p. 420. Fig. 317.

Digitized by Google

Pollenkörner und können ihre Schläuche leicht zwischen die aus dem Verbande getretenen Zellen treiben. Auch bei Salisburia währte der Vorgang mehrere Tage, und da das Wetter in diesem Jahre gerade günstig blieb, so konnte ich ungestört die Bildung der glänzenden, kleinen Tropfen an den einzelnen Samenknospen verfolgen. Die Salisburia wurde in diesem Jahre reichlich bestäubt und auch jetzt noch (10. Juli) lässt sich fast in jeder Samenknospe die Anwesenheit der Pollenkörner nachweisen. — Sobald die Bestäubung vorüber ist, verdicken sich die Ränder des Integumentes um die Micropyle bedeutend, die Micropyle wird auf diese Weise geschlossen und die beiden lippenartig ausgebreiteten Ränder derselben verdorren oder neigen nach innen zusammen. Auch die Spitze des Nucleus vertrocknet, schliesst über der entstandenen Höhlung zusammen und bildet bei älteren Samenknospen den gebräunten, schnabelförmigen Fortsatz, den man oben am Knospenkerne stets bemerken kann.

Die Resultate, die ich bei Taxineen erhalten hatte, bestimmten mich meine Untersuchungen auch auf andere Gruppen der Coniferen auszudehnen und auch dort liessen sich bald eigenthümliche Einrichtungen finden, welche die Bestäubung erleichtern. Leider war dieses Jahr für Coniferen äusserst ungünstig, und es gelang mir nur von einigen Arten auch oft nur wenige Blüthen zu erlangen. Immerhin waren diese und die vorhandenen fremden Zeichnungen schon ausreichend, um einen Ueberblick über den Vorgang zu gestatten, wie ich ihn im Folgenden zu schildern versuchen will.

Ich beginne mit Pinus Pumilio (Fig. 8, 9 und 10) und Pinus sylvestris[1]. Beide verhalten sich in jeder Beziehung gleich; die Zapfen stehen dicht an der Spitze der jüngsten Triebe noch vor der Entfaltung der Doppelnadeln und sind in Folge dessen von allen Seiten zugänglich (Fig. 9). Sie stehen einzeln oder zu mehreren aufrecht beisammen, sind von sehr geringer Grösse, doch bei ihrer freien Lage leicht zu erblicken, zur Blüthezeit schön bräunlich roth gefärbt, an der Basis von lancettförmigen Bracteen umgeben; die Deckblätter sind klein, die Fruchtblätter fleischig, breit, abgerundet (Fig. 8), in der Mitte mit einem stark vorspringenden und verlängerten Kiel versehen, an der Basis mit dem Deckblatte in einen kurzen Stiel vereinigt; Deckblätter und Schuppen schliessen im jungen Zapfen dicht an einander. Im Augenblick wo die Antheren zu stäuben beginnen, sehen wir die

1) L. C. Richard und Achille Richard filius, Commentatio botanica de Coniferis et Cycadeis, MDCCCXXVI, Taf. 11. — Auch Berg und Schmidt, Beschreibung officineller Gewächse. Taf. 28.

Digitized by Google

Axe des jungen Zapfens sich auf ein Mal bedeutend strecken und in Folge dieser Streckung rücken die einzelnen Schuppen sichtbar auseinander (Fig. 10). Untersuchen wir um diese Zeit die Samenknospen, welche, eine rechts und eine links, an der Basis jeder Schuppe sich befinden (Fig. 8), so sehen wir, dass der, der Axe zugekehrte Micropyl-Rand einer jeden, in der Ebene der Schuppe zu zwei langen, dünnen, seitlichen Fortsätzen ausgewachsen ist. Diese dünnen Fortsätze werden aus farblosen, glashellen Zellen gebildet, die mit Flüssigkeit prall angefüllt erscheinen und dieselbe zur Zeit der Bestäubung in grosser Masse secerniren. Wenn nun Pollenkörner, welche der leiseste Luftzug in grossen Staubwolken bewegt, auf den jungen Zapfen gerathen, so gleiten sie an den aufgerichteten Schuppen zu beiden Seiten des Kieles hinunter und gelangen unmittelbar, rechts oder links, zwischen die seitlich orientirten beiden Fortsätze der Samenknospe: hier bleiben sie in der secernirten Feuchtigkeit zwischen denselben haften und werden allmählich in das Innere der Samenknospe eingesogen. Der Kiel der Schuppe ist besonders geeignet durch seine Stellung den richtigen Weg den Pollenkörnern zu induciren, so gelangen dieselben, an der trocknen und glatten Oberfläche gleitend, leicht zu den Samenknospen. Die wenigen, welche das Ziel verfehlt haben sollten, fallen in die Gänge, welche rechts und links um die Axe, in Folge der schmalen Insertion der Schuppen verlaufen und kommen dann leicht tiefer liegenden Samenknospen zu Gute. Die directe Leitung der Schuppen ist aber jedenfalls so vollkommen, dass dieser Fall nur selten eintreten mag, und die Canäle auch zu wenig ausgebildet, um eine leichte Bewegung der Pollenkörner in ihrem Inneren zu gestatten. Die Deckblätter sind kleiner als die Schuppen und liegen der Unterseite derselben dicht an, so dass sie weder störend noch fördernd auf die Bestäubung wirken können. Der Nucleus ist bei den genannten Pinus-Arten an seiner Spitze zur Aufnahme der Pollenkörner wie bei Taxineen vorbereitet. Die Zellen sind aufgelockert, werden theilweise aufgelöst, treten aus dem Verbande, so dass eine bedeutende Einsenkung an der Spitze des Knospenkernes entsteht, in der die Pollenkörner bald zu liegen kommen und ihre Schläuche treiben. Kaum ist die Bestäubung vorüber, so nehmen die Schuppen bedeutend an Dicke zu. Die Axe streckt sich nicht in demselben Maasse und die Schuppen schliessen bald aneinander. Eine gleichzeitige Absonderung von Harz an den Rändern hilft zu ihrer Verklebung. Die Bracteen bleiben stationär und auch der Kiel entwickelt sich nicht weiter; er hat seine Aufgabe erfüllt und verdorrt nun allmählig. Die rothe Farbe des jungen Zapfens geht in Braun, endlich in Grün über, derselbe senkt sich langsam und nimmt zuletzt

Digitized by Google

eine hängende Lage an. — Eine Woche nach der Bestäubung fand ich auch schon die beiden dünnen Fortsätze am Integument gebräunt und theilweise verschrumpft. Die Pollenkörner, welche an denselben hängen geblieben waren, ohne in das Innere der Samenknospe zu gelangen, hatten keine Pollenschläuche getrieben und waren ebenfalls abgestorben. Die Micropyle blieb noch lange Zeit offen und wurde erst viel später durch starke Verdickung des Integumentrandes geschlossen [1].

Bei Picea vulgaris[2] (Fig. 11 u. 12) sind die Verhältnisse wesentlich dieselben. Die jungen Zapfen werden hier aus den Endknospen des jährigen Zweiges einzeln entwickelt; sie sind bedeutend grösser als bei Pinus und ragen deshalb auch zwischen den entwickelten Nadeln des Zweiges hervor, sie befinden sich zur Blüthezeit in fast aufrechter Stellung, die aber bald in eine geneigte übergeht. Die verkehrt eiförmigen Schuppen sind nicht ganz aufgerichtet wie bei Pinus, sondern nur in ihrer inneren Hälfte aufgerichtet, in ihrer äusseren Hälfte dagegen fast horizontal abstehend, ja in manchen Fällen etwas auswärts umgebogen. Den Schuppen (Fig. 11) mangelt der Kiel, doch werden die Pollenkörner, wenn sie zwischen die senkrecht abstehenden, äusseren Theile der Schuppen gerathen sind, gut zwischen der vorspringenden Mitte und den beiden etwas einwärts gebogenen Rändern der inneren emporgerichteten Hälfte derselben geleitet. Das längliche, gewimperte Deckblatt ist bei der Fichte verhältnissmässig noch kleiner als bei der Kiefer, eiförmig, länglich, der unteren Fläche der Schuppe fest angedrückt und selbstverständlich ohne jede Rolle bei der Bestäubung. Die Samenknospen verhalten sich wie bei der Kiefer; sie sind ebenso gebaut und mit 2 langen, dünnen Fortsätzen (Fig. 11) versehen. Die Pollenkörner gelangen zwischen dieselben und bald auch in die tiefe Einsenkung am Scheitel des Knospenkernes (Fig 12). Die ganzen Zäpfchen haben zur Blüthezeit eine schöne, rothe Farbe, die bald in Braun und Grün übergeht. Die Bracteen verändern sich nicht nach der Bestäubung, die Schuppen richten sich dagegen allmählich auf und legen sich fest aneinander, während der Zapfen gleichzeitig in eine hängende Lage übergeht[3]. Anders noch gestalten sich die

---

1) An Pinus pumilio und sylvestris schliessen sich auch Pinus pinaster, rigida etc. an. (Vergl. Lambert, A description of Genus Pinus, London 1803. Taf. 1 u. 18). Aehnlich in Allem, doch mit einwärts gerichtetem Kiel: Pinus resinosa. (Vergl. Baillon, Ann. d. sc. nat. 4. Ser. Tom. 14, Pl. 12, f. 23.

2) Richard l. c. Taf. 15, sehr gute Bilder. Auch Berg und Schmidt l. c. Taf. 31.

3) An Picea vulgaris schliesst sich auch, nach den Abbildungen von Parlatore, Studii organografici sui fiori e sui frutti delle Conifere, Firenze 1864, Taf. II, Fig. 14.

Digitized by Google

Verhältnisse bei der Lärche[1]) (Fig. 16 u. 17) und bei der Edeltanne[2]) (Fig. 13. 14. 15). Hier sehen wir das Verhältniss zwischen dem Deckblatt und der Schuppe sich umkehren. Das Deckblatt wird stark entwickelt und bildet zur Blüthezeit die Hauptmasse des Zapfens (Fig. 16): ihm kommt nun auch die Leitung des Pollens zu, während die Schuppe klein und unansehnlich, sich in dessen Axel birgt und auf die beiden Samenknospen fast reducirt erscheint (Fig. 17). Die Deckblätter der Lärche sind violett oder purpurroth gefärbt, eiförmig, oben ausgerundet, aufgerichtet und etwas nach Aussen umgebogen; in der Mittellinie zeigt jedes die Andeutung eines Kieles, der sich eine Strecke weit frei ausserhalb des Deckblattes fortsetzt. Die Seitenränder des Deckblattes sind etwas einwärts gebogen, so dass zu beiden Seiten des Kieles je eine Rinne entstehen muss, welche die Pollenkörner der Schuppe zuleitet. Die Kielspur erweitert sich an ihrer Basis und so gehen auch die Wege der Pollenkörner hier nach rechts und links auseinander; sie werden an die betreffenden Seitenränder der kleinen, fleischigen Schuppe geführt und gleiten an den abgerundeten Rändern derselben weiter hinunter (Fig. 17). Dieser Einrichtung gemäss werden die Ränder des Integumentes an der Samenknospe auch eigenthümlich entwickelt; sie wachsen nicht zu je zwei langen, rechts und links gestellten Fortsätzen aus, wie sie uns bei Pinus-Arten, wo die Zuleitung der Pollenkörner von oben erfolgt, so vortheilhaft erschienen, sondern zu einem einseitigen, nach oben und nach innen orientirten, helmartig umgebogenen, breiten Lappen (Fig. 17), in den die, an der Seite der Schuppe herabgleitenden Pollenkörner, mit zwingender Nothwendigkeit hineinfallen müssen. Die Pollenkörner werden in das Innere der Samenknospe aufgenommen. Der einseitige Fortsatz verdorrt sehr bald, rollt sich nach innen zusammen und hilft so mit die Micropyle zu schliessen. Dies Alles erfolgt hier, wo ja die Zapfen noch in demselben Jahre reifen, äusserst rasch, und mag veranlasst haben, dass die Samenknospen der Lärche fast stets mit stumpfer Spitze, ohne den erwähnten Integument-Lappen abgebildet worden sind[3]). Auch treten die Haare, welche man

---

15. 16. 17. 18. 19 zu urtheilen, Cedrus Libani an; auch Pinus strobus, alba, nigra nach den Bildern von Lambert l. c. Taf. 22. 26. 27; auch Pinus canadensis nach eigenen Zeichnungen und Lambert Taf. 32 u. Richard Taf. 17.

1) Richard l. c. Taf. 13; Schacht, der Baum. Taf. II, Fig. 23 u. 24. — Berg und Schmidt Taf. 29. — Parlatore Taf. II, Fig. 20.

2) Schacht, der Baum Taf. I, Fig. 1. — Auch bei Sperk, Gymnospermie, Mém. de l'Acad. Imp. d. sc. St. Petersb. VII. Serie, XIII. Bd. Taf. III, Fig. 67. — Auch bei Berg und Schmidt Taf. 30.

3) So z. B. bei Parlatore l. c. Taf. II, Fig. 22.

Digitized by Google

gewöhnlich um die unteren Schuppen-Ränder zu zeichnen pflegt, erst nachträglich auf und spielen deshalb durchaus keine Rolle bei der Bestäubung.

An Larix schliesst sich sehr nahe die Edeltanne (Fig. 13) an[1]). Die Bracteen (Fig. 14) sind ebenso stark wie bei Larix entwickelt und mit einem langen Kiel versehen, während die Schuppe klein und fleischig in der Axel des Deckblattes verborgen bleibt. Der Integumentrand hat auch einen starkeinseitigen, helmartigen Lappen aufzuweisen, der von dem bei Larix sich zunächst nur durch einen, oft schwachen, mittleren Einschnitt unterscheidet. Die Pollenkörner gleiten, durch das Deckblatt geleitet, längs der Ränder der Schuppen hinab und fallen auf den breiten Lappen; sie werden in das Innere eingesogen und kommen in die Vertiefung am Scheitel des Knospenkernes zu liegen. Die Integumentränder verdorren zunächst nicht nach der Bestäubung, rollen sich auch nicht nach innen zusammen, sie verharren vielmehr lange Zeit in unveränderter Gestalt und Lage; die Micropyle bleibt geöffnet (Fig. 15).

Sowohl die Tanne als auch die Lärche haben aufrechte Zapfen zur Blüthezeit (Fig. 13 u. 16). Bei der Lärche stehen sie auf seitenständigen, kurzen, dicken Aestchen, bei der Edeltanne entspringen sie der Oberfläche, dicht hinter der Spitze der Zweige; bei beiden bleiben sie aufrecht während ihrer ganzen Entwickelung; die Schuppen nehmen nach der Bestäubung bedeutend an Grösse zu und überholen bald die stationär bleibenden Deckblätter, diese schauen später nur wenig zwischen den Schuppen hervor, während die Letzteren sich fest aneinander gelegt haben um den reifenden Samenknospen Schutz zu gewähren. — Diese wenigen Beispiele genügen, um uns ein Bild von der Art und Weise zu entwerfen, wie die Bestäubung bei den Abietineen erfolgt. Doch auch bei den Cupressineen lassen sich ähnliche Einrichtungen finden. Bekanntlich sind die Samenknospen in der Jugend stets frei und werden erst nachträglich durch die anwachsenden Fruchtblätter eingeschlossen. Bei Juniperus communis[2]) (auch rigida Fig. 19) schauen zur Zeit der Bestäubung die 3 Samenknospen mit verlängertem Halse zwischen den drei an der Basis verbundenen Fruchtblättern hervor und secerniren eine wässerige Flüssigkeit; ihre Micropylränder sind etwas ausgebreitet, zierlich eingeschnitten, weit geöffnet, so dass

---

1) Auch Pinus balsamea (Vergl. RICHARD l. c. Taf. 16 und LAMBERT l. c. Taf. 34).

2) RICHARD l. c. Taf. 5. — Ebenso Juniperus rigida. (Vergl. SIEBOLD und ZUCCARINI, Flora Japonica, Taf. 125). Juniperus communis bei SACHS, Lehrbuch, 2. Auflage, p. 421, Fig. 319. — Auch bei BERG und SCHMIDT l. c. Taf. 36.

Digitized by Google

die Pollenkörner in dieselben leicht gerathen können; die Ausscheidung der Flüssigkeit dagegen verhältnissmässig geringer als bei Taxineen; die Spitze des Knospenkernes ist ähnlich wie bei Abietineen und Taxineen ausgehöhlt und zur Aufnahme der Pollenkörner bereit. Nach der Bestäubung verdorren sowohl Micropylrand wie Nucleusspitze; der Micropylrand schrumpft zusammen und hilft mit die Micropyle zu schliessen. Bei Thuya orientalis (Fig. 20. 21. 22) und occidentalis[1], Juniperus sabina[2]) (Fig. 23), Oxycedrus[3]), Widdringtonia[4]) und andern sind die Verhältnisse wesentlich dieselben. Die jungen Blüthen sind aufrecht oder emporgerichtet, die Samenknospen ziemlich tief zwischen den Fruchtblättern eingesenkt, doch stets mit ihrer Micropyle zur Blüthezeit nach aussen schauend, so dass die Pollenkörner, welche direct auf die Micropyle fallen oder derselben durch die Fruchtblätter zugeführt werden (Fig. 20), leicht in das Innere der Samenknospe gerathen können (Fig. 22).

Ganz wie Thuya verhält sich Callitris quadrivalvis[5]), sehr ähnlich auch Cupressus, während andererseits Dacridium[6]), Phyllocladus[7]) (Fig. 4), Torrea, Cephalotaxus[8]) (Fig. 3), Saxo-Gothea und Podocarpus[9]) sich am nächsten an Taxus und Salisburia anschliessen.

Bei Cupressus sempervirens[10]) (Fig. 24 u. 25) wird der Zapfen von einer grösseren Anzahl decussirter Fruchtblätter gebildet; an der Basis eines jeden Fruchtblattes stehen die aufrechten Samenknospen zahlreich neben einander (Fig. 25). Die Fruchtschuppen sind emporgerichtet und helfen nicht wenig den Pollen zu leiten. Freilich ist hier keine Vorrichtung getroffen, welche den Pollen einer jeden Samenknospe speciell zuleiten könnte, wohl kommt es hier aber auch nur auf eine Massenwirkung an und diese wird durch die Stellung der Schuppen schon völlig erreicht (Fig. 24). Die Pollenkörner gleiten auf der Innenfläche derselben

---

1) Richard l. c. Taf. 7.

2) Berg und Schmidt l. c. Taf. 27.

3) Parlatore l. c. Taf. I, Fig. 1.

4) Spekk l. c. Taf. V, Fig. 132.

5) Parlatore l. c. Taf. I, Fig. 7 u. 8.

6) Dacridium cupressinum Richard l. c. Taf. 2. — Dacridium Araucaroides und taxoides bei Brogniard und Arthur Gris. (Vergl. Flore de la nouvelle Calédonie. nouv. Archiv. du Museum, Tom. IV, Taf. 2 u. 3. Auch Dacridium Franclinii bei Parlatore Taf. II, Fig. 10.

7) Phyllocladus rhomboidalis Richard l. c. Taf. 3 und Phyllocladus trichomanoides Parlatore Taf. II, Fig. 28.

8) Cephalotaxus Fortunei Hook. Parlatore Taf. II, Fig. 33.

9) Richard l. c. Taf. 1. — Podocarpus Sellowii. Flora Brasil. Taf. 114.

10) Richard l. c. Taf. 9. — Parlatore l. c. Taf. I, Fig. 3. 4. 5. 6.

und fallen auf die Samenknospen. — So halten die Cupressineen gleichsam die Mitte zwischen den Abietineen, wo der Pollen einer jeden Samenknospe im Besonderen zugeführt wird und den Taxineen, wo er ohne alle Zuleitung, unmittelbar auf die Micropyle gelangt. Auch alle anderen Formen liessen sich mehr oder weniger diesen beiden extremen Gruppen anreihen. So schliessen sich Cryptomeria Japonica[1] (Fig. 26 u. 27) mit 3 an der Basis der Schuppe befestigten, aufrechten Samenknospen den Abietineen an; die Pollenkörner werden durch die Gestalt der Schuppen geleitet, direct den Samenknospen zugeführt (Fig. 27), welche der Innenfläche der Schuppe dicht angedrückt, dieselben in ihre Micropyle aufnehmen.

Wie Cryptomeria verhält sich auch Glyptostrobus heterophyllus[2]) und die Taxodineen überhaupt, während Juniperus communis und selbst die Thuya-Arten, wo die Zuleitung der Fruchtblätter jedenfalls eine viel unvollkommenere ist, sich mehr den Taxineen mit ganz fehlender Leitung nähern.

Die Ausscheidung der Tropfen an der Spitze der Samenknospe scheint übrigens nicht allein den Coniferen eigen zu sein, sondern sich überhaupt auf alle Gymnospermen zu erstrecken[3]).

Als ich vor wenigen Wochen meine Beobachtungen an Taxus und Salisburia dem Herrn Professor Schenk in Leipzig mittheilte, erinnerte sich derselbe im vorigen Jahre an einem blühenden Exemplare der Cycas revoluta im Leipziger botanischen Garten, um eine gewisse Zeit, ähnliche Tropfen-Ausscheidung an sämmtlichen Samenknospen beobachtet zu haben. Diese Beobachtung findet in den vorhergehenden Untersuchungen ihre völlige Erklärung, und dürfte nicht unbeachtet bleiben bei künftigen künstlichen Bestäubungsversuchen, die man an den Cycadeen unserer Treibhäuser vornehmen sollte. Freilich müsste die Bestäubung hier stets unmittelbar zu der Zeit des ersten Auftretens der Tropfen vorgenommen werden, da bei ausgebliebener Bestäubung die Ausscheidung leicht einen krankhaften Charakter anzunehmen scheint und dann jede weitere Bestäubung vereiteln dürfte. — Das möchte ich wenigstens aus einigen Beobachtungen schliessen, die ich an Salisburia anstellen konnte; — an einigen Samenknospen sah ich hin und wieder zu Ende der Blüthezeit einen grossen, glänzenden Tropfen hängen, der

1) Parlatore Taf. I, Fig. 33 u. 38.

2) Parlatore Taf. I, Fig. 26—32.

3) Seitdem auch an Ephedra beobachtet, wo auch die charakteristische Canalbildung am Scheitel des Knospenkernes sich zur Bestaubungszeit verfolgen lässt.

Digitized by Google

viel klebriger als die gewöhnlich ausgeschiedenen Tropfen war und nicht mehr eingesogen wurde. Er erhartete an der Micropyle und bezeichnete so auch später die Samenknospe, in der ich in diesem Falle nie Pollenkörner auffinden konnte. Mit dieser Erscheinung hängt auch vielleicht eine Angabe zusammen, die ich bei Schacht im II. Bande seiner Anat. und Phys. p. 307 bei Besprechung der Honigbehälter, Honigdrüsen etc. fand, und wo es unter Anderem heisst: »*Bei Furcroya gigantea*, deren Blüthen, wie es scheint, niemals ansetzen, tritt ein grosser, klarer Tropfen einer zuckerhaltigen Flüssigkeit aus dem Staubweg hervor. Dieselbe Erscheinung wiederholt sich oftmals bei Formium tenax, zumal wenn die Bestäubung nicht rechtzeitig erfolgte. Bei Taxus hängt zur Zeit der Bestäubung ein ähnlicher Tropfen am Knospenmunde der nackten Samenknospe.« Die Beobachtung an Taxus bezieht sich, wie wir sehen, hier auf den normalen Fall, der aber seine richtige Deutung nicht gefunden; wie weit die anderen auch mit normalen Erscheinungen zusammenhängen, bleibt zu untersuchen.

Fassen wir nun das Gesagte noch ein Mal zusammen, so finden wir, dass die Bestäubung bei den Gymnospermen und zwar vor Allem bei freistehenden Samenknospen, durch eine Ausscheidung von Tropfen an der Micropyle erleichtert wird, dass die Pollenkörner in diese Tropfen gerathen und bei Verdünstung desselben in das Innere der Samenknospe hineingerathen. Auch haben wir es als eine allgemeine Erscheinung kennen gelernt, dass zur Zeit der Bestäubung die Spitze des Nucleus aufgelockert, meist tief ausgerandet und so vorbereitet wird, um die Pollenkörner zu empfangen und den Pollenschläuchen das Eindringen in das Gewebe des Knospenkernes zu erleichtern. Die Pollenkörner gelangen, durch den Wind getrieben, bei den Taxineen unmittelbar auf die Samenknospe; bei den Cupressineen werden sie den aufzecht stehenden Samenknospen theilweise schon durch die Schuppen zugeleitet. Bei den Abietineen endlich finden wir sehr eigenthümliche Einrichtungen, eine höchst vollkommene Gestaltung der zuleitenden Organe, welche den Pollen auf vorgezeichnetem Wege den Samenknospen zuführen. Diese Rolle fällt bei Pinus sylvestris, Pumilio, Picea den Schuppen zu: bei Larix und Abies den Deckblättern. Ein Kiel dient zur Orientation der Pollenkörner, um den richtigen Weg denselben vorzuzeichnen und eine eigenthümliche Anpassungserscheinung ist es gewiss, dass derselbe sich bei Pinus sylvestris, Pumilio und anderen verwandten Formen auf der Schuppe, bei Larix und Abies auf dem Deckblatte entwickelt. Bei Picea ist kein Kiel vorhanden, doch die Gestaltung der Schuppen eine derartige, dass auch ohne dessen Hülfe die Bestäubung leicht erfolgen kann.

Digitized by Google

Die Samenknospen der Abietineen zeigen eine eigenthümliche Entwicklung, der Art und Weise angepasst, wie die Zuleitung des Pollens erfolgt. Bei Pinus sylvestris etc., wo die Schuppe selbst mit ihrer Oberfläche leitet und die Pollenkörner von oben den Samenknospen zuführt, zeigen dieselben zwei lange, rechts und links orientirte Fortsätze, zwischen welche die Pollenkörner hineinfallen. Bei Abies und Larix, wo die Pollenkörner längs der Ränder der Schuppe gleiten, sind die Fortsätze des Micropylrandes einseitig nach dem Rande der Schuppe zu entwickelt, sehr breit und geeignet die hier hinuntergleitenden Pollenkörner aufzufangen.

Als eine eigenthümliche Anpassung der Pollenkörner der Pinus-Arten wären endlich noch die beiden Luftsäcke hervorzuheben, welche den Pollenkörnern dieser Arten eine besondere, leichte Beweglichkeit verschaffen. Eigenthümlich ist es, dass dieselben gerade bei monöcischen Pinus-Arten auftreten, während sie den diöcischen Juniperineen und Taxineen fehlen. Möglich, dass gerade durch diese ausserordentliche Beweglichkeit und Fähigkeit sich beim leisesten Luftzuge zu erheben, eine Selbstbefruchtung bei monöcischen Arten vermieden wird, wenn auch nicht zu vergessen ist, dass anderen monöcischen Pinus-Arten: Larix, Pinus canadensis diese Einrichtung fehlt, sich dagegen bei den diöcischen Podocarpus-Arten wiederfindet. Jedenfalls dürfte die leichte Beweglichkeit, welche die Luftsäcke den Pollenkörnern der Pinus-Arten verleihen, bei anderen Pflanzen dieser Gruppe auf anderem Wege erreicht worden sein: so etwa durch die grosse Trockenheit der Pollenkörner zur Zeit des Stäubens, ihre bedeutende Kleinheit u. d. m. [1]).

Ich erwähnte in der Einleitung, dass über die Bestäubung der Coniferen in der Literatur zunächst kaum Etwas zu finden war. Diese Angabe ist insofern nicht mehr ganz richtig, als vor Kurzem eine Unter-

---

1) Vergl. auch eine Annahme von Hartig: Bot. Zeit. 1867. Nr. 49, wonach die Luftsäcke deshalb bei Fichten, Tannen und Kiefern auftreten, weil die weiblichen Blüthen bei beiden ersten sehr ausgeprägt, bei letzteren vorwiegend im Gipfel der Bäume sich entwickeln. Die Luftsäcke sollen nun den Pollenkörnern zu einer aufsteigenden Bewegung verhelfen und sie auf diese Weise zu den weiblichen Blüthen führen. — Weiter hebt Hartig hervor, dass die nahe verwandte Lärche mit ihren auf demselben Zweige vereinigten männlichen und weiblichen Blüthen keine Luftsäcke bildet und sieht das als eine weitere Bestätigung seiner Annahme an. Nun werden aber durch die Hartig'sche Auseinandersetzung die Luftsäcke der Podocarpus-Arten durchaus nicht erklärt. Weiter liesse sich dagegen anführen, dass bei Pinus canadensis mit ähnlicher Vertheilung der Blüthen, wie die Fichten, Tannen und Kiefern die Luftsäcke fehlten; endlich spricht auch die Art und Weise, wie der

Digitized by Google

suchung von Delpino [1]) erschienen ist, welche diesen Gegenstand behandelt. Delpino beobachtete die Befruchtungsvorgänge bei Pinus pinaster und Pinus halepensis. Auf die Art, wie die Schuppen den Pollen leiten, geht er nicht weiter ein; das Hauptgewicht legt er dagegen auf die rechts und links um die Axe des jungen Zapfen schraubenförmig laufenden Gänge, welche, wie schon erwähnt, durch die schmale Insertion der Schuppe an der Axe entstehen. Diesen Gängen allein sollen die Schuppen den Pollen zuleiten und in diesen Gängen soll er sich bewegen bis er an den einen oder den anderen in den Gang hineinragenden Fortsätzen der Samenknospen hängen bleibt. — Diese Angaben Delpino's bedürfen jedenfalls noch einer Ergänzung und diese glaube ich im Vorliegenden gegeben zu haben. — Die Zuleitung des Pollen ist meist viel directer als es Delpino angenommen, und wenn ich die Bedeutung der Canäle auch nicht unterschätzen will, so sind sie doch andererseits kaum so ausgebildet, als dass, wie Delpino auf p. 7 sich ausdrückt, die Pollenkörner im Inneren derselben in wirbelnde Bewegung gerathen und den Pollenkörnern der Pinus-Arten sogar ihre Luftsäcke dabei zu Nutze kommen sollten [2]).

Zum Schlusse möchte ich noch einer Eigenthümlichkeit erwähnen, welche mir bei Betrachtung der Abietineen-Blüthen vielfach aufgefallen ist: Die zunächst unscheinbaren, kleinen Zapfen nehmen meist allmählich eine schöne hochrothe Färbung an; diese Färbung erreicht ihren Culminationspunkt zur Zeit der Bestäubung, dann nimmt sie wieder ab, um durch Rothbraun und Grünlich-Braun nach und nach ins Grün überzugehen. Wir wissen welche Bedeutung bei angiospermen Pflanzen die Färbung der Blüthenhüllen zur Zeit der Betäubung hat. Gefärbte Blüthen fallen den Insekten besonders leicht in die Augen und werden durch deren Vermittelung besonders leicht bestäubt. Die Färbung der Zapfen der Coniferen kann aber unmöglich in dieser Rich-

---

Coniferen-Pollen vom Winde bewegt wird, kaum für diese Annahme. (Vergl. hierüber auch Delpino, Ulteriori osservazioni p. 6).

1) Ulteriori Osservazicue sulla Dicogamia nel regno vegetale per Federico Delpino, Milano 1868—69. (Atti della società italiana di scienze naturali. Vol. XI e XII.) (Seitdem auch in der botanischen Zeitung vom 16. September 1870 abgedruckt).

2) Delpino l. c. p. 7: »Ma se inutile si addimo strano gli avverteti palloncini pel viaggio aereo che deve compiere il polline dei pini, possono in vece tornargli utilissimi, una volta chesia introdotto nello interno delle tubulature deiconi, per imprimergli, sotto l'azione d'un vento forte, quel moto verticoso, che una vetta e sagaçe intuizione nella struttura dell' apparecchio prevede efficacissimo, perche equa viesca la distribuzione del polline a tutti gli stimmi.«

Digitized by Google

tung gedeutet werden. Die Pollenkörner werden stets nur durch den Wind übertragen, und es ist auch kein einziger Fall bekannt, wo die Uebertragung durch Insekten vermittelt werden sollte. — Bei angiospermen Pflanzen ist die Färbung der Blüthenhüllen eine gezüchtete Eigenthümlichkeit, welche der Bestäubung zu Nutzen kommt; wie aber bei den Coniferen? Als eine ererbte Eigenschaft, die früher von Nutzen, nun weiter gleichgültig vererbt wird, lässt sie sich kaum deuten, denn die Coniferen stammen unmöglich von solchen Vorfahren ab, die der Insekten-Hülfe zur Bestäubung bedurften. Bei den höheren Cryptogamen, ihren nächsten Vorgängern, ist ja eine solche Hülfe von vorne herein ausgeschlossen und die Haupt-Entwickelungs-Zeit der Coniferen-Gruppe in der Vorzeit fällt ausserdem in eine Erd-Periode, in der die Insekten erst äusserst spärlich vertreten waren. Es bleibt also nichts übrig, als die rothe Färbung der Zapfen zur Blüthezeit als eine Correlativ-Erscheinung aufzufassen, welche durch die erhöhten Lebens-Processe zur Blüthezeit secundär hervorgerufen in dem Maasse wieder schwindet, als die Insensität der Entwickelung am Zapfen abnimmt[2].

So giebt uns die rothe Färbung der Zapfen zur Blüthezeit ein schönes Beispiel für die Art und Weise, wie eine so prägnante Eigenthümlichkeit zunächst als reine Correlativ-Erscheinung auftreten kann, und wir könnten uns denken, dass auch die analoge Färbung der Blüthenhüllen bei angiospermen Pflanzen einer ähnlichen Ursache ihre Entstehung verdankt und erst später bei der Bestäubung verwerthet, und weiter gezüchtet wurde.

Erklärung der Tafel.

Fig. 1 u. 2. Taxus baccata. 1. Weiblicher Zweig zur Blüthezeit. 2. Eine langsdurchschnittene Samenknospe.

Fig. 3. Cepalotaxus fortunei zur Blüthezeit (nach Parlatore, Studii organografici. Taf. II, Fig. 33).

Fig. 4. Phyllocladus trichomanoides zur Blüthezeit (ebenfalls nach Parlatore l. c. Taf. II, Fig. 28).

---

1) Auf diese Weise lässt sich auch nur das Auftreten der rothen Farbe in denjenigen Blättern erklären, welche z. B. bei Polytrichum commune die Antheridien umgeben, die sogenannte männliche Blüthe der Moose bildend.

2) Bei der Keimung vieler Samen treten ebenfalls in bestimmten Zellen derselben, rothe Farbstoffe als Nebenproducte des Stoffwechsels auf.

Digitized by Google

Fig. 5, 6 u. 7. Salisburia adiantifolia. 5. Ein ganzer Zweig zur Blüthezeit. 6. Etwas vergrösserte Samenknospe mit ausgeschiedenen Tropfen. 7. Längsschnitt durch die Samenknospe, 16 Mal vergrössert.

Fig. 8, 9 u. 10. Pinus pumilio. 8. Eine einzelne Schuppe, vergrössert. 9. Ein Zweig mit Blüthen und einjährigem Zapfen. 10. Ein junger Zapfen zur Blüthezeit, vergrössert.

Fig. 11 u. 12. Picea vulgaris. 11. Eine Schuppe zur Blüthezeit. 12. Der isolirte Nucleus mit Pollenkörnern, welche Schläuche getrieben haben, 24 Mal vergrössert.

Fig. 13. 14 u. 15. Abies pectinata. 13. Ein junger Zapfen zur Blüthezeit. (Nach SCHACHT, der Baum. Taf. I, Fig. 1). 14. Eine Schuppe zur Blüthezeit, vergr. 15. Aeltere Samenknospe (10. Juli) von oben gesehen, vergrössert.

Fig. 16 u. 17. Larix europea. 16. Ein junger Zapfen zur Blüthezeit. 17. Eine einzelne Schuppe aus diesem Stadium.

Fig. 18. Abies canadensis zur Blüthezeit.

Fig. 19. Juniperus rigida zur Blüthezeit. (Nach SIEBOLD und ZUCCARINI, Flora Japonica. Taf. 125).

Fig. 20, 21 u. 22. Thuya (Biota) orientalis. 20. Zur Blüthezeit, von oben, 21. im Längsschnitt. 22. Samenknospe im Längsschnitt, 24 Mal vergrössert.

Fig. 23. Juniperus sabina zur Blüthezeit, von oben, 4 Mal vergrössert.

Fig. 24 u. 25. Cupressus sempervirens zur Blüthezeit. 24. Der junge Zapfen. 25. Eine einzelne Schuppe. (Nach PARLATORE l. c. Taf. I. Fig. 3 u. 5.)

Fig. 26 u. 27. Cryptomeria japonica zur Blüthezeit. 26. Der junge Zapfen. 27. Einzelne Schuppe. (PARLATORE l. c. Taf. I, Fig. 33 u. 38.)

Digitized by Google

Ueber die Bestimmung der Lichtstärke optischer Instrumente.

Mit besonderer Berücksichtigung des Mikroskops und der Apparate zur Lichtconcentration.

Von

E. Abbe.

Mit 6 Figuren in Holzschnitt.

Die wichtigsten Wirkungen optischer Apparate gründen sich bekanntlich auf deren Fähigkeit, von lichtstrahlenden Objecten sogenannte optische Bilder zu erzeugen. Hierdurch ist die den verschiedenartigen optischen Combinationen gemeinsame Eigenschaft bezeichnet, auf den Gang der Lichtstrahlen durch Brechung oder durch Spiegelung so einzuwirken, dass alle homocentrischen Strahlenbündel, welche von den einzelnen Punkten eines leuchtenden Objects ausgehen, nach ihrem Durchtritt durch den optischen Apparat wiederum als homocentrische Strahlenbündel sich darstellen und so verlaufen, wie wenn sie von correspondirenden Punkten eines im Allgemeinen anders gelegenen und anders gestalteten Objects in directer Verbreitung ausgegangen wären.

Die Anforderungen, welche an solche optische Bilder, je nach den Zwecken, denen sie dienen sollen, gestellt werden, sind im Wesentlichen von zweierlei Art. Ein Theil derselben bezieht sich auf rein geometrische Eigenschaften des Strahlenlaufs; hierher gehört Alles, was die Lage, die Dimensionen und die geometrische Vollkommenheit des Bildes, d. h. die Schärfe der Abbildung und ihre Aehnlichkeit mit dem Gegenstande betrifft. Ein anderer Theil dagegen zielt ab auf die Intensitätsverhältnisse der Wirkungen, welche optische Apparate vermitteln; das sind die Anforderungen, welche an die Lichtstärke oder die Helligkeit der Bilder gestellt werden.

Digitized by

Von den beiden Aufgaben, auf welche sich demzufolge die Theorie der optischen Instrumente zu richten hat, ist die erstere schon seit langer Zeit das Ziel zahlreicher Untersuchungen gewesen. Die sogen. geometrische Optik hat zu ihrem hauptsächlichen Inhalt die Lehren, welche die Erzeugung optischer Bilder durch spiegelnde und brechende Medien und die geometrisch definirbaren Eigenschaften derselben betreffen, und sie giebt über alle Fragen in dieser Richtung mehr oder minder vollständige Rechenschaft. Alle Aufgaben namentlich, welche auf die Bestimmung der Lagen- und Grössenverhältnisse der optischen Bilder gehen, haben durch die von Gauss in den bekannten »Dioptrischen Untersuchungen« aufgestellte Theorie und die hierauf fussenden weiteren Arbeiten von Listing, Helmholtz u. A. einen in den wesentlichen Stücken vollendeten Abschluss erhalten. Die anderweitigen Fragen, zu welchen die Anforderungen an die Vollkommenheit der Bilder Anlass geben und welche unter dem Titel der sphärischen Aberration und der Farbenzerstreuung erörtert zu werden pflegen, sind zwar keineswegs in gleich befriedigender Weise zur Erledigung gebracht; jedoch stehen auch hier die Grundsätze für die Behandlung der einzelnen Aufgaben unzweideutig fest und die Mängel der Theorie beruhen nur in der Schwierigkeit, welche die Aufstellung allgemeingiltiger und in der Praxis leicht zu benutzender Regeln findet.

Dem gegenüber ist der in das Gebiet der Photometrie eingreifende Theil der Theorie optischer Instrumente, die Lehre von den Intensitätsverhältnissen ihrer Wirkungen — so weit dem Verfasser bekannt — bis jetzt nirgends einer einigermaassen erschöpfenden Behandlung unterzogen worden. Was in dieser Richtung gelehrt wird, beschränkt sich ausschliesslich auf die einfachsten vorkommenden Verhältnisse, wie sie z. B. das astronomische Fernrohr darbietet, und auf gelegentliche Erörterung einzelner praktisch wichtigen Fälle von ganz beschränkten Voraussetzungen aus; für die Behandlung der complicirteren Aufgaben, zu welchen manche optische Combinationen Anlass geben, fehlt es den gewöhnlich angenommenen theoretischen Grundsätzen durchaus an der erforderlichen Strenge und Allgemeinheit. Daher herrscht denn vielfach grosse Unsicherheit über die Bedingungen, welche für die Wirksamkeit optischer Instrumente nach dieser Seite hin maassgebend sind und mancherlei irrthümliche Ansichten, durch voreilige Verallgemeinerung an sich richtiger Sätze herbeigeführt, verhindern das rechte Verständniss zahlreicher — auch für den praktischen Gebrauch wichtiger — Vorkommnisse.

Um die Theorie der optischen Instrumente nach dieser Seite hin zu ergänzen, soll im Folgenden eine Reihe von theoretischen Sätzen

Digitized by Google

aufgestellt werden, nach welchen die Leistungen jener in Hinsicht auf die Intensität der Wirkungen (Lichtstärke, Helligkeit etc.) unter den verschiedenartigsten Umständen beurtheilt werden können. Zu diesem Zweck sollen zunächst die wichtigsten Grundsätze der Photometrie in möglichst elementarer Einkleidung reproducirt werden. Sodann soll gezeigt werden, wie sich aus ihnen Theoreme ableiten lassen, mit deren Hilfe die Intensität der Lichtstrahlung optischer Bilder, wie sie beliebige Systeme von brechenden und spiegelnden Flächen erzeugen, allgemeingiltig zu bestimmen ist. Aus ihnen sollen weiter feste Regeln abgeleitet werden für die Beurtheilung der namhaftesten speciellen Formen optischer Combinationen, als da sind: Camera (Auge), Fernrohr, Mikroskop und Apparate zur Lichtconcentration; und zum Schluss soll noch — als ein Beispiel der Anwendung der zu entwickelnden Theorie auf die complicirteren Vorkommnisse der Praxis — eine speciellere Erörterung der mannigfachen Wirkungsarten folgen, wie solche bei der Verbindung des Mikroskops mit verschiedenen Beleuchtungsvorrichtungen zur Geltung kommen.

Entsprechend der hierdurch schon bezeichneten praktischen Tendenz dieses Aufsatzes ist es hier weder auf eine ganz vollständige und Schritt für Schritt durchgeführte Begründung der aufzustellenden Theoreme noch auf eine erschöpfende Entwickelung aller Folgerungen abgesehen. In Bezug auf beides — da es unter allen Umständen eingehendere mathematische Deductionen nöthig macht, als für jenen Zweck wünschenswerth sind — verweist der Verfasser auf eine demnächst bei Quandt und Händel in Leipzig erscheinende besondere Schrift über die Theorie der optischen Instrumente. Hier soll es sich vorzugsweise darum handeln, die in Rede stehenden Lehren soweit nach ihrem Zusammenhang darzulegen und zu erläutern, als erforderlich ist, um den Bereich ihrer Anwendung und die Bedingungen für ihre richtige Anwendung auf die einzelnen Fälle der Praxis unzweideutig erkennen zu lassen und Diejenigen über ihren Gebrauch zu orientiren, welche an den Theorien der Optik grade wegen ihrer Anwendungen ein Interesse nehmen.

I. Photometrische Grundbegriffe. Beleuchtungsstärke und Helligkeit; Leuchtkraft.

Die Physik befasst in ihren Erklärungen die verschiedenartigsten Erscheinungen des Lichts unter der bekannten Vorstellung über den Prozess des Leuchtens, die durch die Worte: Lichtstrahlung, strahlenförmige Ausbreitung hinreichend charakterisirt ist. Obwohl ursprüng-

Digitized by

lich in enger Verbindung mit den speciellen Hypothesen der Emissionslehre ausgebildet, hat diese Vorstellung einer gradlinigen strahlenförmigen Ausbreitung dennoch auch neben den ganz veränderten Ansichten über das Wesen des Lichts, welche die Undulationstheorie aufstellt, volle Geltung behalten. Denn alle auf Grund derselben gebildeten Begriffe, wie der des Lichtstrahls selbst, die ihm beigelegten Attribute der Brechbarkeit und Reflectirbarkeit, ferner die Begriffe von Strahlenmenge, Lichtmenge u. A. erweisen sich als durchgängig congruent mit entsprechenden Bestimmungen an einer Wellenbewegung, als deren kurze und anschauliche Repräsentanten sie nach wie vor nicht nur brauchbar sondern sogar unentbehrlich bleiben. — Alle Erklärungen der Optik bewegen sich daher auf dem Boden dieser Vorstellung einer Lichtstrahlung, auch bei denjenigen Problemen, für welche die Begriffe der geometrischen Optik für sich nicht ausreichen, vielmehr ein Zurückgreifen auf die zu Grunde liegenden mechanischen Prozesse an der Hand der Undulationstheorie unerlässlich ist; indem in solchen Fällen, um den Vortheil der weniger abstracten, anschaulicheren Einkleidung zu wahren, die Resultate der mechanischen Deduction nachträglich wieder als Eigenschaften der Lichtstrahlen ausgesprochen werden.

In diesem Sinne sind auch die grundlegenden Sätze der Photometrie auf die Strahlungshypothese gebaut. — Wenn ein leuchtender Körper andere, für sich nichtleuchtende Objecte in seiner Umgebung erhellt, d. h. ihnen die Fähigkeit ertheilt, ihrerseits eine gleichartige nur dem Grade nach verschiedene Wirkung wie jener auf das Sehorgan — und auch auf dritte Körper — auszuüben, so denkt man sich dies dadurch vermittelt, dass die sonst dunkle Oberfläche in ihren einzelnen Theilen durch eine gewisse Menge von den Oberflächenpunkten der Lichtquelle ausgehender Strahlen getroffen wird und denkt den Grad der bewirkten Erhellung — die Stärke der Beleuchtung — als bedingt durch die Menge von Strahlen, welche auf einem bestimmten Theil der erhellten Fläche — etwa auf dem Raume der Flächeneinheit — zusammentreffen. Man betrachtet ferner die im einzelnen Falle beobachtete Erhellung an irgend einer Stelle als Resultat der Summirung der Beleuchtungswirkungen, welche die sämmtlichen Flächenelemente der Lichtquelle einzeln daselbst hervorbringen würden und reducirt auf diese Art das quantitativ zu bestimmende Grundphänomen auf den einfacheren Fall der Lichtstrahlung eines leuchtenden Flächenelements gegen ein anderes in beliebiger Entfernung und Lage. Nahe liegende Erfahrungen weisen endlich darauf hin, unter den Bedingungen für die Wirkung in diesem Falle erstens solche zu unterscheiden, welche ausschliesslich durch die Verhältnisse der Lage des beleuchteten

Digitized by Google

Flächenelements gegen das leuchtende bestimmt sind und zweitens solche, welche in der specifischen Natur der Lichtquelle ihren Grund haben. Beiden trägt man Rechnung, indem man die Menge der Strahlen, welche auf das zweite Element treffen, so bemisst, dass sie nur vom Abstande und den Richtungen beider abhängt, daneben aber den einzelnen Strahl als Träger einer mit der Natur der Lichtquelle veränderlichen, von den räumlichen Verhältnissen aber unabhängigen Lichtmenge ansieht, deren jeweilige Grösse zugleich der Ausdruck der specifischen Intensität oder Leuchtkraft der Lichtquelle ist.

Auf diesem Wege gelangt man nun durch einfache Schlüsse zu einer quantitativen Regel, welche die Abhängigkeit der Lichtwirkung von den verschiedenen maassgebenden Ursachen für jenen einfachsten Fall darstellt und welche — als photometrisches Grundgesetz — in folgender Form am Kürzesten ausgesprochen werden kann: Bezeichnet i die Leuchtkraft der Lichtquelle oder die Intensität des einzelnen von ihr ausgehen-Strahls, und ω den körperlichen Winkelraum, unter welchem ein leuchtendes Flächenelement A von dem Orte des beleuchteten Flächenelements B aus erscheint (oder welchen die von hier aus nach dem Umfange der Fläche A gezogenen Linien einschliessen), ferner f die Grösse der Fläche B und α den Winkel zwischen ihrer Normalen und der Verbindungslinie mit A, so ist die der Fläche B zugestrahlte Lichtmenge

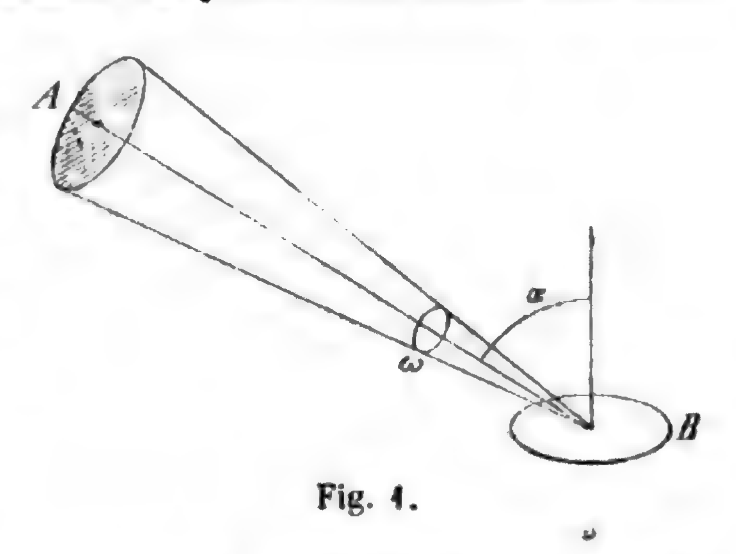


Fig. 1.

$$= i \,.\, \omega \,.\, \sin \alpha \,.\, f.$$

und diejenige Lichtmenge, welche die Flächen**einheit** der beleuchteten Fläche empfängt, oder die auf ihr bewirkte **Beleuchtungsstärke**

$$s = i \,.\, \omega \,.\, \sin \alpha \qquad (1)$$

diese Beleuchtungsstärke mithin einerseits proportional der Leuchtkraft der betreffenden Lichtquelle, andrerseits proportional dem körperlichen Winkel ω und dem Sinus des Einfallswinkels der Lichtstrahlen — wobei durch die Art, wie ω sich bestimmt, zugleich der Entfernung, Grösse und Lage des betrachteten leuchtenden Flächentheils Rechnung getragen wird.

Für die Beurtheilung der Gesammtwirkung einer beliebig ausgedehnten Lichtquelle — deren einzelne Theile im allgemeinsten Falle auch ungleiche Leuchtkraft besitzen können — ergiebt sich aus obigem Grundgesetz, dass die Beleuchtungsstärke, welche an verschiedenen

Digitized by

Stellen in dem umgebenden Raum hervorgebracht wird, sich modificiren kann nach Maassgabe des grösseren oder kleineren Winkelraumes, unter welchem die einzelnen leuchtenden Theile sich jeweilig darstellen, sowie auch nach Maassgabe der grösseren oder geringeren Neigung, in der die Strahlen von diesen aus die beleuchtete Fläche treffen, dass aber andere Umstände ausser den genannten keinen Einfluss auf sie üben. Namentlich müssen also zwei verschiedene Lichtquellen von ungleicher Grösse, Gestalt und Lage genau dieselbe Wirkung an einem Orte hervorbringen, von dem aus gesehen sie sich so aufeinander projiciren, dass jede vom Orte der Wirkung nach ihnen hin gezogene Richtungslinie beide in Punkten gleicher Leuchtkraft trifft.

Hieraus endlich kann der weitere Schluss gezogen werden,: dass jede irgendwo gelegene und irgendwie gestaltete leuchtende Fläche hinsichtlich ihrer Wirkung an je einer bestimmten Stelle im Raume durchaus ersetzt werden kann durch ihre von hier aus construirte (centrale) Projection auf eine willkürlich angenommene, beliebig gestaltete andere Fläche im nämlichen Medium, wenn man die Leuchtkraft jener Punkt für Punkt auf die in der Projection correspondirenden Punkte der letztern übertragen denkt. Man erhält alsdann eine der ursprünglich gegebenen völlig äquivalente Lichtquelle oder vielmehr eine der wirklich bestehenden äquivalente ideale Vertheilung von Leuchtkraft, die indess nur für den einen Ort, für welchen sie bestimmt wurde, Geltung hat, für andere Punkte im Raum sich aber anders gestaltet.

In Anschluss an die Definition der Beleuchtungsstärke, wie sie dem Obigen zu Grunde liegt, gewinnt auch der Begriff der Helligkeit einen bestimmten Inhalt. Ausgehend von der allgemein angenommenen Ansicht über das Zustandekommen der Lichtwahrnehmungen, sonach diese durch getrennte und einzeln zu erregende Elemente des Sehnervs vermittelt werden, erscheint es als eine so gut wie selbstverständliche Annahme — die übrigens mehrfacher Controlle in der Erfahrung zugänglich ist — dass man die Helligkeit eines Lichteindrucks entsprechend denkt dem Grade der Erregung der mitwirkenden percipirenden Elemente und diesen proportional setzt der Lichtmenge, welche je einem derselben durch den optischen Apparat im Auge zugeführt wird — dabei natürlich die Möglichkeit ungleicher Empfindlichkeit der Netzhaut an verschiedenen Stellen und in verschiedenen Zuständen offen gelassen. Sofern nun angenommen wird, dass die Erregung gleichzeitig eine grosse Zahl percipirender Elemente nebeneinander, also eine gewisse Fläche der Netzhaut treffe, im Bewusstsein mithin den Eindruck eines ausgedehnten Lichteindrucks hervorrufe,

Digitized by Google

darf offenbar die Lichtmenge, die dem einzelnen Element dabei zu Theil wird, derjenigen proportional gesetzt werden, welche an dieser Stelle nach Verhältniss der Flächeneinheit der Retina zukommen würde, d. h. es darf die an irgend einer Stelle auf der Netzhaut bewirkte Beleuchtungsstärke als Maass der Helligkeit des daselbst vermittelten Lichteindrucks angenommen werden. Beide Bestimmungen, Helligkeit und Stärke der Beleuchtung auf der Netzhaut, fallen jedoch wieder auseinander, wenn es sich um Lichtreize handelt, die nicht über ein einzelnes percipirendes Element hinausreichen, wie von solchen vorausgesetzt werden muss, welche punktförmig erscheinende Objecte zur Wahrnehmung bringen. Denn es kann alsdann recht wohl die diesem einen Elemente wirklich zugeführte Lichtmenge dieselbe bleiben und dennoch diejenige sich ändern, die nach Verhältniss der Ausbreitung jener der Flächeneinheit zukommen würde — wie auch umgekehrt. In solchen Fällen darf daher die Helligkeit nicht durch die Beleuchtungsstärke auf dem betreffenden Netzhautelement, sondern — der ursprünglichen Definition entsprechend — nur durch die absolute Lichtmenge, die dieses erhält, gemessen werden.

Im Vorstehenden sind die Grundsätze enthalten, auf welche sowohl die Photometrie im engern Sinne — die Methoden zur Vergleichung der Wirkungen verschiedener Lichtquellen und zur Bestimmung ihrer specifischen Intensität — wie auch die Erörterung derjenigen photometrischen Fragen, auf welche die Erscheinungen bei optischen Instrumenten führen, sich stützen müssen. Für ihre Feststellung und ihren weiteren Gebrauch ist vor Allem charakteristisch die Scheidung unter den geometrischen und den physischen Bedingungen der Lichtwirkung, welche in der Gegenüberstellung von Strahlenmenge und Intensität der Strahlen oder Leuchtkraft sich ausspricht. Während durch das erstere diejenigen Bedingungen zum Ausdruck gebracht sind, welche in den veränderlichen räumlichen Beziehungen zwischen den betreffenden Körpern aufgehen, fasst der Begriff der Leuchtkraft alle die Elemente der Erscheinung in Eines zusammen, die, unabhängig von den wechselnden äussern Umständen, in der specifischen Beschaffenheit der wirksamen Prozesse selbst begründet sind. Dieses Eine mag zwar der weiter fortgeführten Analyse selbst wieder als aus mehrerlei Factoren zusammengesetzt erscheinen — wie denn in der That die Physik die Leuchtkraft einer Lichtquelle auf das Ausstrahlungsvermögen ihrer Oberfläche und auf ihre Temperatur zurückführt — jedenfalls aber tritt es in alle Wirkungen als Ganzes ein und kann rückwärts aus diesen quantitativ bestimmt werden. Die Gleichung (1) definirt in dieser Art die Leuchtkraft durch die hervorgebrachten Wirkungen; denn da ver-

Digitized by Google

möge derselben s und i identisch werden, wenn im einzelnen Falle $\omega = 1$ und zugleich sin $\alpha = 1$ ist, so wird die Leuchtkraft i einer Lichtquelle ausgedrückt durch diejenige Beleuchtungsstärke, welche eines ihrer Flächenelemente auf einer senkrecht bestrahlten Fläche in solcher Entfernung hervorbringt, in welcher dasselbe unter einem körperlichen Winkel von der Grösse der Einheit erscheint.

Was soeben als der Grundzug in den Vorstellungen der Photometrie hervorgehoben wurde, giebt zugleich die Richtschnur ab für die theoretische Betrachtung aller Vorgänge, bei welchen es sich um photometrische Bestimmungen handelt, im besondern auch für die Erörterung derjenigen Erscheinungen, welche irgend welche optische Instrumente darbieten. Denn auch in allen diesen Fällen ist der Gegenstand der Untersuchung nichts Anderes als die Strahlungswirkung einer Lichtquelle, nur dass dieselbe in einem von ihr getrennten Raume zur Geltung kommt und durch spiegelnde oder brechende Flächen vermittelt wird. Wie sich diese Wirkung auch äussern mag, ob in der Erregung eines Sehorgans oder in der Beleuchtung anderer Objecte, jedenfalls muss sie nach denselben allgemeinen Normen wie die directe Wirkung der Lichtquelle beurtheilt werden können, namentlich also müssen in ihr solche Elemente nachweisbar sein, die von blossen Raumbestimmungen abhängen und wiederum solche, welche durch die physische Beschaffenheit der betreffenden Körper bedingt sind. Die Theorie wird daher naturgemäss die Aufgabe haben, einerseits die Modificationen der Leuchtkraft in der durch Spiegel- oder Linsencombinationen hindurch erfolgenden Lichtstrahlung festzustellen, andrerseits Rechenschaft zu geben von den geometrischen Bedingungen, an welche die schliessliche Wirkung geknüpft ist. Wonach sodann Dasjenige, was man die Lichtstärke eines optischen Apparates nennt, zu bemessen sei, muss sich ergeben, wenn man die Bestimmungsstücke beiderlei Art, wie sie sich im einzelnen Falle für den optischen Apparat ergeben, mit den entsprechenden Bestimmungsstücken für die directe Lichtstrahlung des betreffenden Körpers vergleicht.

II. Die mittelbare Lichtstrahlung diffus reflectirender, spiegelnder und brechender Flächen.

Die Thatsache, dass die in der Nähe eines leuchtenden Körpers befindlichen Objecte nicht nur dem Sehorgan wahrnehmbar werden, sondern auch dritte Körper ihrerseits zu erhellen vermögen, führt auf den Begriff einer mittelbaren Lichtstrahlung und einer in dieser sich

Digitized by Google

bekundenden abgeleiteten (erborgten) Leuchtkraft. Für die Feststellung der hierdurch bezeichneten Erscheinung sind zwei extreme Formen zu unterscheiden, welche gesondert auftreten, je nachdem man die beobachtete Oberfläche entweder als diffus reflectirend oder als regelmässig spiegelnd und brechend voraussetzt.

Im ersten Falle, den Körper mit vollkommen rauher Oberfläche darbieten, wird alles einfallende Licht, abgesehen von der etwa stattfindenden Absorption, zerstreut d. h. gleichmässig nach allen Richtungen in den umgebenden Raum zurückgesandt. Die Oberflächentheile eines solchen Körpers verhalten sich daher in allen Stücken wie die Elemente einer selbstleuchtenden Fläche. Auf die von ihr ausgehende Lichtstrahlung können die unter (I) aufgestellten Sätze ohne Weiteres angewandt werden, wofern eine Regel gegeben wird, nach welcher die ihr beizulegende Leuchtkraft bestimmbar ist. Dies kann leicht geschehen, wenn man das Verhältniss kennt, in welchem die von je einem Flächenelemente zurückgestrahlte Lichtmenge zu der gesammten auf ihm einfallenden steht. Die Zahl, welche dieses Verhältniss misst, muss offenbar immer ein ächter Bruch sein, dessen Werth für die verschiedenen Stoffe zwischen den Grenzen Null und Eins variiren, übrigens auch für die verschiedenen Farben ungleich sein kann. Ist sie in einem Falle Null, so wird man den betreffenden Körper absolut schwarz, ist sie Eins, so wird man ihn absolut weiss nennen; daher denn der jedesmalige Werth das Maass für den Grad der Weisse abgeben kann. Dieses Verhältniss — im Folgenden durch ε bezeichnet — als gegeben vorausgesetzt, führt eine kurze Schlussreihe zu dem Resultat, dass ein Element der diffus leuchtenden Fläche, wenn es selbst mit der Beleuchtungsstärke s von der ursprünglichen Lichtquelle erhellt wird, seinerseits an einem dritten Körper eine Beleuchtungsstärke bewirkt, deren Werth durch die Gleichung

$$B = \left(\frac{1}{2\pi}\,\varepsilon\,.\,s\right).\,\omega\,.\,\sin\alpha \qquad (2)$$

zu bestimmen ist, wobei ω und α in Bezug auf das diffus strahlende Element dieselbe Bedeutung haben, wie in Gleichung (1) dieselben Zeichen für das dort als selbstleuchtend vorausgesetzte. Mithin ist die betrachtete Strahlungswirkung, wie die Vergleichung von (2) mit (1) zeigt, im ganzen Raume die nämliche wie die eines selbstleuchtenden Flächenelements, für welches

$$i = \frac{1}{2\pi}\,.\,\varepsilon\,.\,s$$

angenommen wird; und dieser Ausdruck ergiebt demnach die erborgte Leuchtkraft, mit welcher die diffus reflectirende Oberfläche

Digitized by Google

von jeder Stelle aus wirkt, als proportional dem Grad der Weisse ε, den sie daselbst besitzt und der Beleuchtungsstärke s, die ihr daselbst mitgetheilt wird.

Der zweite der oben unterschiedenen Fälle betrifft diejenigen Körper, welche eine regelmässige Reflexion und Brechung der auf ihre Oberfläche einfallenden Strahlen bewirken. Jeder einzelne Strahl spaltet sich alsdann — von doppelter Strahlenbrechung hier abgesehen — im Allgemeinen in zwei Strahlen, von denen jeder in einer ganz bestimmten Richtung fortgeht, der eine — reflectirte — in das umgebende Medium zurück, der andere — gebrochene — in das Innere des Körpers. Setzt man eine flächenartig ausgedehnte jedoch begrenzte Lichtquelle voraus (A), von deren sämmtlichen Punkten Strahlen in je einem Punkte der spiegelnden und brechenden Fläche zusammentreffen, so werden von dieser Punkt für Punkt zwei Strahlen**büschel** ausgehen, das eine nach dem äussern Raum, das andere in das Innere der brechenden Substanz, beide innerhalb je eines kegelförmigen Winkelraums verlaufend, dessen Lage und Begrenzung von der Grösse, Entfernung und Gestalt der Lichtquelle und der Richtung der Tangentialebene an der betreffenden Stelle der Fläche abhängt. Da solches für alle Punkte der letztern gilt, nur dass die Lage und Begrenzung jener Strahlenbüschel von Punkt zu Punkt nach Maassgabe der Krümmung variirt, so verhält sich jedes Element (B) der Fläche wie das einer selbstleuchtenden Lichtquelle und zwar — Spiegelung und Brechung als gleichzeitig bestehend vorausgesetzt — nach der äussern und nach der innern Seite hin; mit dem Unterschiede jedoch, dass es solche Wirkung nicht in allen Richtungen ausübt, wie ein wirklich selbstleuchtender Körper, sondern nur innerhalb der kegelförmigen Winkelräume, in welchen die reflectirten und die gebrochenen Strahlen verlaufen. Innerhalb jedes dieser Räume aber, z. B. für eine im Punkte C des reflectirten Strahlenkegels angenommene lichtauffangende Fläche, unterscheiden sich die geometrischen Bedingungen der hier stattfindenden Strahlung, wie sich in aller Strenge erweisen lässt,

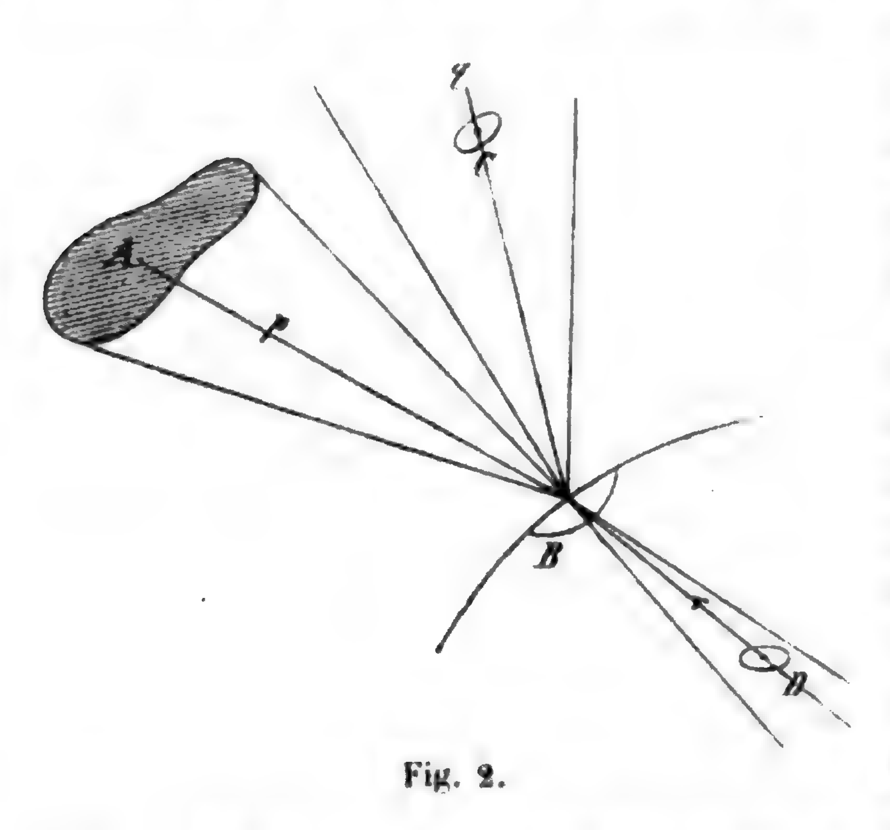


Fig. 2.

Digitized by Google

in gar Nichts von denen einer solchen, die das Flächenelement B ausüben würde, wenn es selbstleuchtend wäre.

Für alle Theile des äussern und des innern Raumes, innerhalb der bemerkten Grenzen, muss sich daher die durch Reflexion oder Brechung vermittelte Wirkung der Lichtquelle nach den unter (1) namhaft gemachten Gesetzen als eine von der reflectirenden Fläche ausgehende Strahlung bestimmen lassen und es wird hierzu nur nöthig sein, die Leuchtkraft i zu ermitteln, welche ihr jedesmal Punkt für Punkt beizulegen ist. Diese letztere Aufgabe kann darauf zurückgeführt werden, die Intensitäten i_1 und i_2 der beiden Strahlen p und q zu bestimmen, in welche ein einfallender Strahl von gegebener Intensität i (nämlich der Leuchtkraft der Lichtquelle in seinem Ausgangspunkte) sich spaltet.

Die Undulationstheorie des Lichts bietet die ausreichenden Grundlagen für die Erledigung dieser Frage. Indem man zurückgeht auf die mechanischen Begriffe, welche die Namen Lichtstrahl und Intensität einer solchen in der Wellenlehre ausdrücken und den Vorgang der Reflexion und Brechung auf Grund derselben zergliedert, gewinnt man Bestimmungen, die sich nachträglich wieder in die Sprache der Strahlungshypothese umsetzen und als die gesuchten Eigenschaften der beiden entstehenden Theilstrahlen darstellen lassen. Das Resultat, zu welchem man auf diesem Wege geführt wird, besagt Folgendes:

1) Die Intensität i_1 des reflectirten Strahls ist ein vom Einfallswinkel und den Brechungsexponenten der reflectirenden Substanz und des umgebenden Mediums sowie von den Polarisationsverhältnissen des einfallenden Strahls abhängiger Bruchtheil von der Intensität des letzteren: so dass

$$i_1 = \lambda \,.\, i\,. \qquad (3)$$

zu setzen ist, wenn λ diesen Bruchtheil bezeichnet, dessen Werth aus den angeführten Stücken nach bekannten Formeln berechnet werden kann; was hier nicht weiter verfolgt zu werden braucht.

2) Bezeichnet n_2 den absoluten Brechungsexponenten des Körpers, n_1 den des umgebenden Mediums, in welchem die Lichtquelle sich befindet, so ist

$$n_2{}^2 i = n_2{}^2 i_1 + n_1{}^2 i_2$$

also die Intensität des gebrochenen Strahls

$$i_2 = \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 (1-\lambda) \,.\, i \qquad (4)$$

Diese Ausdrücke geben nun zugleich die Leuchtkraft an, welche der vorher betrachteten Fläche in einem Punkte B nach der äussern und nach der innern Seite hin beigelegt werden muss, um die durch

Digitized by Google

Reflexion und durch Brechung vermittelte Strahlungswirkung an den Stellen *C* und *D* als von ihr selbst ausgehend betrachten zu können, dabei vorausgesetzt, dass *i* die Leuchtkraft der ursprünglichen Lichtquelle in demjenigen Punkte ist, von welchem die Strahlen *q* und *r* ausgegangen sind. — Hierin ist ausgesprochen erstens: dass jedes Element der spiegelnden und brechenden Fläche für alle Punkte einer und der nämlichen von ihm ausgehenden Geraden (*q* oder *r*) mit je gleicher Leuchtkraft wirkt und die Grösse dieser ausser von den Werthen des n_2, n_1 und λ nur noch abhängt von der Intensität der Lichtquelle an derjenigen Stelle, auf welche man geführt wird, wenn jene Gerade vom Flächenelement aus nach den Regeln der Reflexion oder der Brechung rückwärts verfolgt wird; zweitens: dass für Punkte, die auf verschiedenen Geraden d. h. von dem betrachteten Flächentheil aus nach verschiedenen Richtungen liegen, diesem im Allgemeinen eine andere Leuchtkraft zukommen wird, weil andere Stellen der Lichtquelle dabei maassgebend werden.

Denkt man die vorstehenden Bestimmungen auf alle Theile der Fläche in Anwendung gebracht, dabei alle auf den nämlichen Ort bezogen, sei es im äussern Raume, sei es im Innern des von jener begrenzten Mediums, so erhält man offenbar eine ganz bestimmte Vertheilung von Leuchtkraft in ihr, vermöge welcher sie nun selbstleuchtend an jenem Orte dieselbe Lichtwirkung (Beleuchtungsstärke) hervorbringen würde, die sie thatsächlich durch Vermittelung der ursprünglichen Lichtquelle leistet. Die so festgestellte Leuchtkraft-Vertheilung ist daher der gegebenen Lichtquelle äquivalent in Hinsicht auf den einen Punkt, von dem aus sie bestimmt wurde; für jeden anderen Punkt aber verliert sie ihre Geltung — im Allgemeinen — und es tritt eine andere an ihre Stelle, da sowohl die den einzelnen Flächenelementen correspondirenden Punkte der Lichtquelle wechseln wie auch der Werth, der dem Factor λ beizulegen ist, jedesmal ein anderer wird.

Macht man die besondere Annahme, dass entweder nur Spiegelung oder nur Brechung stattfinde, die in jedem Falle bestehende Nebenwirkung der andern Art also zu vernachlässigen sei, und setzt demnach den Factor λ abwechselnd $= 1$ oder $= 0$, so vereinfacht sich die Regel für die Ableitung der äquivalenten Leuchtkraft. — Bei der Spiegelung ist alsdann für jedes Flächenelement $i_1 = i$, d. h. es wird auf dasselbe diejenige Leuchtkraft ungeändert übertragen, welche die Lichtquelle in dem correspondirenden Punkte besitzt. Da aber, dem Vorstehenden zufolge, dieser correspondirende Punkt zu irgend einem Flächenelement *B* derjenige (B') ist, den die Verbindungslinie *CB*, vom Orte *C* der

Digitized by Google

Wirkung aus gezogen und nach dem Reflexionsgesetz rückwärts verfolgt, trifft, so erscheint die für den Punkt C sich ergebende Vertheilung der Leuchtkraft in der Fläche als eine centrale Projection der Lichtquelle A auf sie, welche vom Punkte C aus gemäss der Reflexionsregel zu bilden ist. — Im Falle reiner Brechung, ohne gleichzeitige Spiegelung, erhält jedes Flächenelement für seine Strahlung nach dem Innern des brechenden Mediums die Leuchtkraft

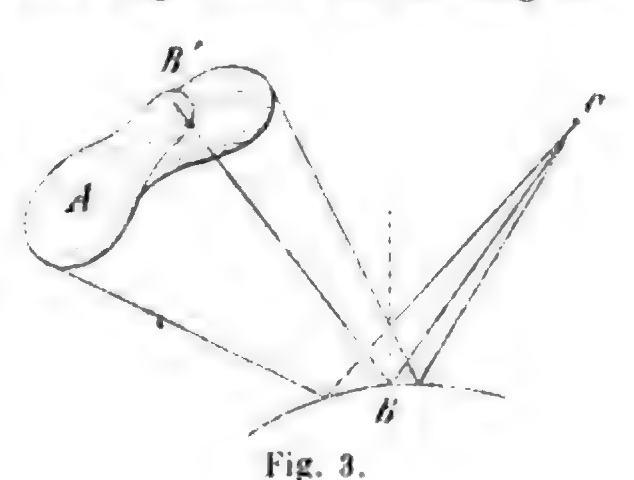


Fig. 3.

$$i_2 = \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 \cdot i;$$

daher wird die Leuchtkraft der Lichtquelle Punkt für Punkt auf die entsprechenden Punkte der brechenden Fläche, im Verhältniss des Quadrates des relativen Brechungsexponenten des Mediums vergrössert, übertragen; die Regel der Uebertragung kann auch hier wieder kurz bezeichnet werden als eine vom Orte der Wirkung aus gebildete centrale Projection der Lichtquelle A auf die brechende Fläche, nur dass dabei die einzelnen Richtungslinien nach dem Brechungsgesetz für Lichtstrahlen bis zu A hin fortzusetzen sind.

Die hier gegebene Zurückführung der durch Reflexion oder Brechung vermittelten Strahlungswirkung einer Lichtquelle auf die directe Strahlung einer äquivalenten Lichtvertheilung lässt sich leicht so weit verallgemeinern, dass sie auf den schliesslichen Effect einer beliebigen Anzahl spiegelnder und brechender Flächen Anwendung finden kann. Man gelangt alsdann zu einem dem früheren analogen Theorem, welches indess hier, um die Betrachtung nicht abstracter zu halten als für die späteren Untersuchungen nöthig ist, nur in der einfacheren Form dargelegt werden soll, die es annimmt unter der Voraussetzung, dass die einzelnen Flächen theils als nur spiegelnd, theils als nur brechend in Betracht gezogen, die gleichzeitigen Wirkungen der andern Art also vernachlässigt werden. Es lautet in dieser Einschränkung:

Wirkt eine beliebig gegebene Lichtquelle durch eine Reihe vollkommen spiegelnder oder vollkommen brechender Flächen von irgend welcher Gestalt und Lage, so lässt sich ihre Wirkung an je einem bestimmten Orte des letzten Mediums, in welchem die Strahlen schliesslich verlaufen, stets ersetzen durch die directe Strahlung einer in diesem letzten Medium willkürlich angenommenen, beliebig gestalteten Fläche, indem man dieser Punkt für Punkt eine Leuchtkraft beilegt, welche sich aus der Leuchtkraft in je einem correspondirenden Punkt der Lichtquelle

ableitet und zwar durch unmittelbare Gleichsetzung, falls das letzte Medium mit dem ersten gleichartig ist, im andern Falle dagegen durch Multiplication mit dem Quadrate des relativen Brechungsexponenten vom ersten zum letzten Medium. Der correspondirende Punkt der Lichtquelle zu irgend einem Punkte der angenommenen Fläche ist hierbei immer derjenige, auf welchen man geführt wird, wenn man die Verbindungslinie zwischen dem Orte der Wirkung und dem fraglichen Flächenpunkte nach den Gesetzen der Spiegelung und Brechung eines Lichtstrahls bis zur Lichtquelle hin fortsetzt; führt diese Fortsetzung, statt auf die Lichtquelle, in die nichtleuchtende Umgebung, so ist für die betreffende Stelle der Fläche die Leuchtkraft Null zu setzen.

Es ist nach dem Gesagten selbstverständlich, dass auch in diesem Falle die zu bestimmende Vertheilung der Leuchtkraft im Allgemeinen nur für den einen bestimmten Ort Geltung hat, von welchem die Construction jedesmal ausgeht, und dass sie daher für andere Stellen im Raume andere Gestalt annehmen wird. Hiegegen machen die vorstehenden Betrachtungen von keiner Voraussetzung Gebrauch, die nicht auch erfüllt wäre in dem besondern Fall eines solchen Systems von brechenden und spiegelnden Flächen, durch das ein regelrechtes optisches Bild der Lichtquelle entsteht, für dessen Ort selbst die Lichtwirkung zu bestimmen verlangt würde.

Es mag gleich hier auf einige Folgerungen von praktischem Interesse hingewiesen werden, die aus den eben dargelegten Sätzen fliessen. — Als Erstes und Allgemeinstes lassen sie erkennen: dass keine noch so kunstreich erdachte Combination optischer Apparate in Hinsicht auf die Stärke des durch eine Lichtquelle in ihrem eigenen Medium zu erzielenden Beleuchtung jemals mehr leisten kann, als auch ohne alle Zwischenmittel erreichbar ist, wenn man entweder der Lichtquelle von gegebener Beschaffenheit (d. h. gegebener Leuchtkraft) eine beliebig grosse Flächenausdehnung zu geben vermag oder aber die zur Verfügung stehende Lichtquelle dem Orte der Wirkung beliebig zu nähern im Stande ist. Denn die schliessliche Wirkung aller denkbaren Hilfsapparate reducirt sich immer auf die directe Strahlung einer Fläche, welche zwar vom Orte der Wirkung aus unter Umständen einen sehr viel grösseren Winkelraum als die Lichtquelle selbst erfüllen kann, die jedoch an keiner Stelle eine höhere Leuchtkraft entwickelt als die Lichtquelle selbst mindestens in einem ihrer Theile factisch besitzt — sofern nämlich die Wirkung in demselben Medium erfolgen soll. Ist es daher möglich, die Lichtquelle dem Punkte der Wirkung so weit zu nähern, dass ihr am intensivsten leuchtender Theil unter einem eben so grossen Winkelraum erscheint, so muss auch ihre Lichtwirkung ohne alle Hilfs-

Digitized by Google

apparate die gleiche werden; in Wahrheit wird letztere sogar überwiegen um den Betrag der unvermeidlichen Lichtverluste, die wiederholte Spiegelungen und Brechungen nach sich ziehen. Alle Vorrichtungen zur Verstärkung einer Beleuchtung, zur sogenannten Lichtconcentration, können daher niemals einen andern Zweck haben — wenigstens niemals einen andern wirklich erfüllen — als den: mit Hülfe einer gegebenen Lichtquelle von beschränkten Dimensionen oder an einem entfernten Orte dennoch eine solche Wirkung zu erzielen, wie sie direct nur durch eine sonst gleichartige, aber von anderer Ausdehnung oder in anderer Lage erreichbar wäre.

Durch welche Einrichtungen für bestimmte Verhältnisse dieser Zweck erreicht werden kann und wie es namentlich möglich ist, unter Anwendung solcher Combinationen von spiegelnden und brechenden Medien, welche optische Bilder erzeugen, mit einer wenig ausgedehnten oder sehr entfernten Lichtquelle den Effect einer beliebig grossen und zwar gleichmässig in allen Theilen eines gewissen Raumes zu erzielen. Dieses Alles wird in den folgenden Abschnitten seine nähere Erörterung finden. Ohne weitere Vorbereitungen lassen sich indess schon hier mancherlei kleine Nutzanwendungen des Gesagten übersehen.

Fasst man z. B. die Umstände ins Auge, welche beim Gebrauch des Mikroskops für die Beleuchtung der zu beobachteten Objecte bestehen, so lassen sich die gewöhnlich vorkommenden Fälle sehr leicht nach den aufgestellten Normen vollständig beurtheilen. — Ist die zur Verfügung stehende Lichtquelle sehr ausgedehnt, etwa eine grosse Fläche oder ein namhafter Theil des Wolkenhimmels, gleichmässig erhellt, so müssen alle Vorrichtungen gleich gut wirken, welche seitlich einfallende Lichtstrahlen beiläufig in der Richtung der Mikroskopaxe zum Objecte führen. Wäre es selbst ein Convexspiegel, immer würde er, wofern nur die Lichtquelle gross genug, in eine solche Lage zu bringen sein, dass alle Richtungslinien, welche vom Object nach den verschiedenen Punkten seiner Fläche gezogen und nach der Reflexionsregel weiter fortgesetzt gedacht werden, schliesslich auf die Lichtquelle treffen; und dann wird der Erfolg so sein, als ob die ganze Spiegelfläche mit der Leuchtkraft der letzteren selbstleuchtend wäre und das Object bestrahlte. In diesem Falle also ist die Gestalt des Beleuchtungsspiegels vollkommen gleichgiltig; die Wirkung ist allein bedingt durch seine Grösse und seinen Abstand vom beleuchteten Object, insoweit beide auf den Winkel Einfluss haben, unter welchem er von hier aus erscheint; je grösser der letztere, desto stärker unter sonst gleichen Umständen die bewirkte Beleuchtung.

Da indess die hier gemachte Annahme selten vollständig zutrifft,

Digitized by Google

so wird freilich in den meisten Fällen das Resultat sich anders stellen. Ist die Lichtquelle von geringerer Ausdehnung — etwa eine einzelne helle Stelle am Wolkenhimmel, oder gar eine Lichtflamme oder dergl. — so könnte bei Anwendung eines convexen und selbst noch eines ebenen Spiegels nur für einen kleinen Theil seiner Fläche die oben bezeichnete geometrische Bedingung erfüllt sein, von der es abhängt, ob er für das Object die Eigenschaften einer Lichtquelle gewinne, beim grössern Theile seiner Oberfläche werden die Richtungslinien vom Object aus, nach der Reflexionsregel fortgesetzt, auf die nicht- oder nur schwach-leuchtende Umgebung treffen. Man erkennt aber sogleich, wie dem abzuhelfen ist, indem man dem Spiegel eine concave Krümmung von solchem Grade ertheilt, dass jene Richtungslinien als ein nahezu paralleles Bündel ihn verlassen — was darauf hinausläuft, das Object beiläufig in den Brennpunkt der concaven Fläche zu bringen. Statt dessen kann natürlich auch mit ganz entsprechenden Anforderungen eine Sammellinse diesen Zweck erfüllen, sowohl für sich allein als auch in Verbindung mit einem Planspiegel (in Form eines Condensors) verwandt; immer wird, wenn einmal die genannte Bedingung über den Verlauf der Richtungslinien erfüllt ist, der Erfolg nur von der Grösse des Winkelraumes abhängen, den der lichtgebende Theil des Apparates vom Objecte aus gesehen, einnimmt — natürlich abgesehen von dem Einfluss, den die Einfallsrichtung der das Object treffenden Strahlenkegel gegen die Mikroskopaxe auf die Art der Beleuchtung (gerade und schiefe Beleuchtung) übt. Weder kann es hierbei darauf ankommen, dass das Object genau im Brennpunkte, oder etwas darunter, oder darüber sich befinde, noch viel weniger darauf, dass der Beleuchtungsapparat frei von chromatischer und sphärischer Aberration sei. Denn wenn die wirkliche Lichtquelle vom Instrument aus auch nur unter einem kleinen Gesichtswinkel erscheint, immerhin wird ihre Flächenausdehnung genügen, alle vom Object aus rückwärts construirten Richtungslinien auch dann noch in sich aufzunehmen, wenn deren Verlauf in Folge der genannten Abweichungen, sei es für alle Farben, sei es für einige, vom Parallelismus um ein Weniges entfernt ist [1].

---

1) Das hier über diese praktischen Fragen Gesagte stimmt in allen Stücken überein mit der eben so klaren als bündigen Auseinandersetzung in dem bekannten Buche von Nägeli und Schwendener »das Mikroskop« (Erster Abschn. Cap. X). Da jedoch in allen übrigen dem Verf. bekannten Handbüchern ähnlicher Tendenz — auch in den nach jenem erschienenen — über dieses Thema die unklarsten, zum Theil irrigsten Vorstellungen zu Tage treten und dabei nach wie vor sonderbare Difteleien über allerhand unmögliche Dinge vorgebracht werden — so kann es gewiss nicht schaden, wenn man obige Sätze recht oft wiederholt; da sie doch eine

III. Die Lichtwirkung durch Systeme centrirter Kugelflächen.

Die im vorigen Abschnitt aufgestellten allgemeinen Gesetze über die mittelbare Wirkung einer Lichtquelle lassen sich auf sehr viel schärfer begrenzte und deshalb einfachere zurückführen, wenn man über die Lage und Gestalt der brechenden oder spiegelnden Flächen eine solche Voraussetzung macht, durch welche das Zustandekommen optischer Bilder ausgesprochen wird. Diese Voraussetzung soll hier — um die Darstellung nicht unnöthiger Weise abstract und weitläufig zu machen — nicht in der allgemeinsten Gestalt, die sie annehmen kann, in Betracht gezogen werden, sondern gleich in derjenigen engeren Formulirung, in welcher allein sie zu praktischer Anwendung gelangt. Es soll also angenommen werden, dass alle brechenden oder spiegelnden Flächen kugelförmige seien, deren Mittelpunkte zugleich auf einer einzigen Geraden (Axe) liegen; und zur Vereinfachung der Ausdrucksweise soll überdies in der ganzen Auseinandersetzung von der Mitwirkung reflectirender Flächen abgesehen, mithin allein der Fall rein dioptrischer Systeme ausdrücklich besprochen werden, wiewohl der Sache nach nicht nur die schliesslichen Ergebnisse, sondern alle einzelnen Schlüsse unter Einschaltung der geeigneten Worte auch auf die andern Arten, katoptrische und kata-dioptrische Combinationen, Anwendung finden.

Es werde also als gegeben angenommen ein Object mit selbstleuchtender oder diffus strahlender Oberfläche, von bestimmter Lage und Begrenzung, und von ihm aus eine beliebige Folge durchsichtiger Medien, getrennt durch centrirte Kugelflächen, welche vermittelst successiver Brechungen im letzten Medium ein optisches Bild der Lichtquelle von bestimmter Lage und Gestalt erzeugen mögen. Diese Voraussetzung über das Zustandekommen eines (aberrationsfreien) Bildes besagt aber nichts Anderes, als dass die sämmtlichen Strahlen, die von den einzelnen Objectpunkten als homocentrische Büschel ausgehen, soweit sie überhaupt durch das Linsensystem hindurch treten können, im letzten Medium wiederum als homocentrische Strahlenbüschel verlaufen, d. h. so, als ob sie von entsprechenden Punkten innerhalb des letzten Mediums in directer Verbreitung ausgingen; wobei es gleichgiltig, ob diese — die Bildpunkte — durch das factische Zusammentreffen der einzelnen Strahlen als reelle, oder durch das Zusammentreffen in ihrer blos gedachten Fortsetzung als virtuelle sich darstellen.

---

sehr wesentliche Grundlage für das Verständniss der Wirkungsweise aller mikroskopischen Apparate ausmachen.

Digitized by Google

Mag der eine oder der andere Fall vorliegen, also ein reelles oder ein virtuelles Bild der Lichtquelle entstehen, jedenfalls kann dieses, da alle Strahlen, die überhaupt im letzten Medium verlaufen, von seinen einzelnen Punkten geradlinig ausgehen, als die Quelle aller Lichtwirkungen im letzten Medium aufgefasst werden, sowohl derjenigen, welche sich objectiv, als Beleuchtung an andern, sonst dunkeln Gegenständen äussert, wie auch derjenigen, durch welche das Bild selbs von einem Sehorgan im nämlichen Raum wahrgenommen wird. Denn es verhält sich durchaus wie eine lichtstrahlende Fläche und unterscheidet sich von der ihm congruent angenommenen Oberfläche eines selbstleuchtenden Körpers an seiner Stelle nur in dem einen Umstand: dass nämlich seine Punkte (oder Flächenelemente) nicht allseitig strahlen, sondern je innerhalb gewisser Winkelräume — nach Maassgabe der Begrenzung, in welcher das optische System die Strahlenbüschel von den Punkten der Lichtquelle in sich aufnimmt. Die Strahlungswirkung im ganzen Raum des letzten Mediums vollständig bestimmen, muss daher jedenfalls auf die Aufgabe zurückgeführt werden können: sowohl die den einzelnen Theilen jenes Bildes beizulegende Leuchtkraft als auch die Bedingungen für die räumliche Begrenzung des von ihm ausgehenden Strahlenlaufs abzuleiten aus den entsprechenden Bestimmungsstücken, welche für die Strahlungswirkung des Objects im ersten Medium mit seiner Beschaffenheit und mit der Einrichtung des Linsensystems gegeben sind.

Als maassgebende Eigenschaften des Objects (der Lichtquelle) für die in Rede stehenden Erscheinungen kommt, ausser der Lage und Gestalt, natürlich nur die in seinen Oberflächentheilen wirksame Leuchtkraft in Frage. Die Einrichtung des optischen Apparates, so weit sie zunächst für die Lage und Grösse des Bildes bestimmend ist, wird, den Lehren der Dioptrik zufolge, vollständig definirt durch die sogenannten Cardinalpunkte, wie dieselben durch die Theorie von Gauss nachgewiesen sind, und die Aequivalentbrennweite des Systems; durch welche Daten die Wirkungsweise des Linsensystems, wie es auch sonst gestaltet sein mag, auf die einer einzigen Linse, resp. einer einzigen Kugelfläche reducirt werden kann. Was aber die Begrenzung anlangt, in welcher die Strahlenbüschel von den Punkten der Lichtquelle mittelst des optischen Apparates zur Wirkung gelangen, so ist diese bei allseitig strahlenden (diffus- oder selbstleuchtenden) Objecten stets rein mechanisch gegeben: durch die undurchsichtigen Ränder der Linsen oder durch irgendwo angebrachte und irgendwie gestaltete Diaphragmen, welche nur den Strahlen innerhalb eines gewissen Winkelraumes (gewöhnlich in der Nähe der optischen Axe) den freien Durch-

Digitized by Google

gang gestatten. Bei Objecten dagegen, welche keine selbständige Strahlung üben, sondern optisch wirksam werden durch die Strahlen einer *hinter* ihnen befindlichen Lichtquelle — wie es z. B. bei der Verwendung des Mikroskops mit durchfallendem Licht der Fall ist — kann die Begrenzung der einfallenden Strahlen auch durch die Contour jener Lichtquelle bewirkt werden, wofern nicht eine Blendung vor oder hinter dem Objecte die von seinen Punkten ausgehenden Strahlenkegel auf einen geringeren Oeffnungswinkel reducirt, als nach der Ausdehnung der Lichtquelle ihnen zukommt. Wie man sich aber auch das, was man die freie Oeffnung des optischen Apparates nennt, im einzelnen Falle bestimmt denken will, immer wird man sie reduciren können auf eine *innerhalb des ersten Mediums* gegebene *durchsichtige* Fläche in einer den Strahlenlauf der Lichtquelle beschränkenden undurchsichtigen Wand, nach Art eines wirklichen Diaphragmas wirkend; und es werden sich die verschiedenen Fälle nur durch die Grösse und Gestalt sowie durch den Ort, an welchem sich dieses wirkliche oder fingirte Diaphragma befindet, von einander unterscheiden.

Dies vorausgeschickt hat es keinerlei Schwierigkeit, Rechenschaft zu geben von den geometrischen Bedingungen, durch welche die Ausbreitung der Strahlen im letzten Medium, nach dem Durchgang durch das optische System und nach Formirung des Bildes der Lichtquelle, begrenzt ist. Repräsentire in Fig. 4. *R* eine beliebige Linsencombina-

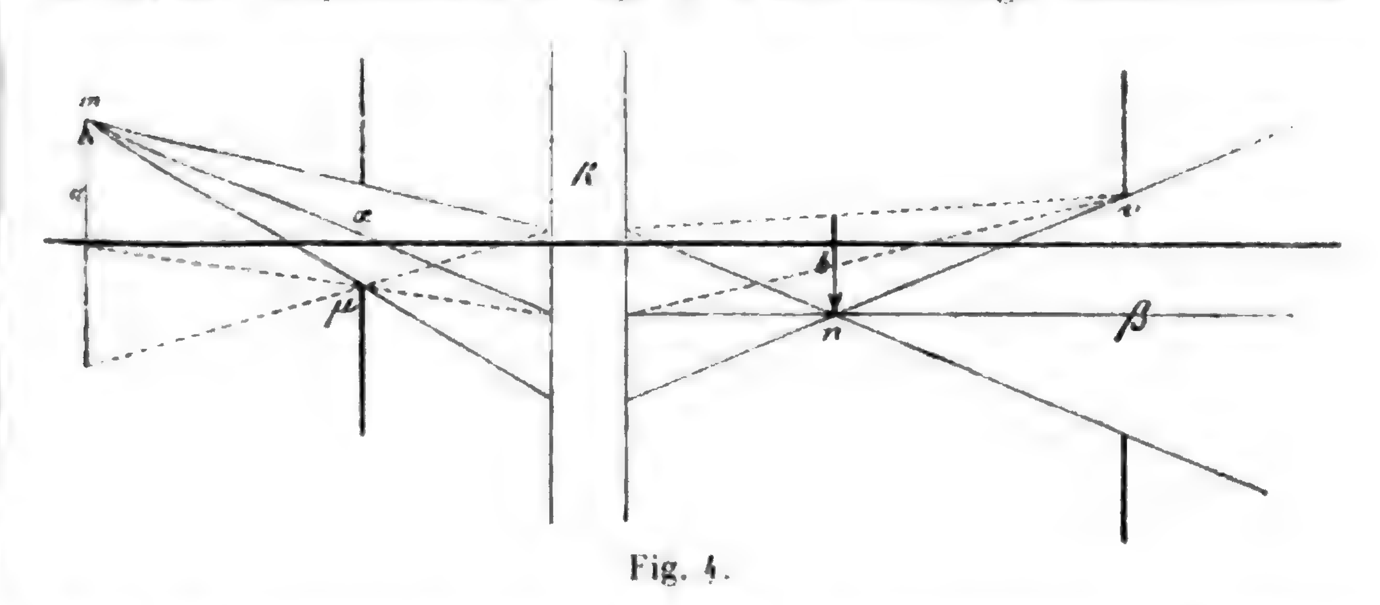


Fig. 4.

tion, *a* das leuchtende Object, *b* das von ihm entworfene z. B. reelle Bild im letzten Medium und *α* die Oeffnung einer den Strahlengang vor dem System begrenzenden Blendung, diese im Beispiel als zwischen Object und Linse liegend angenommen. Dann ist einleuchtend, dass der optische Apparat auch von dem Diaphragma grade wie von irgend einem andern vor ihm befindlichen Gegenstand ein reelles oder virtuelles Bild im letzten Medium entwirft. Denn die Gesammtheit der

Digitized by Google

Strahlen, welche von den sämmtlichen Punkten der Lichtquelle *a* durch die sämmtlichen Punkte der freien Oeffnung *α* hindurchtreten, lassen sich nicht nur zusammenfassen zu Strahlenbüscheln, die von den Punkten von *a* — z. B. dem Punkte *m* — homocentrisch ausgehen, sondern ebensowohl auch zu solchen, die homocentrisch von den einzelnen Punkten der freien Oeffnung aus verlaufen; da ja in allen Stellen einer innerhalb der Contouren von *α* beliebig angenommen gedachten Fläche — z. B. im Randpunkte *μ* — eine Anzahl von Strahlen sich wirklich kreuzen — je einer von jedem Punkte der Lichtquelle. Nach dem Begriffe eines bilderzeugenden optischen Systems muss aber jeder homocentrische Strahlenbüschel, von wo er auch im ersten Medium ausgehen mag (natürlich innerhalb der Schranken, welche durch das Auftreten der sphärischen Aberration gesteckt sind) nach dem Durchgange wieder als homocentrisch verlaufen, d. h. im letzten Medium einen Bildpunkt von seiner Ausgangsstelle erzeugen; die ganze in *α* angenommene Fläche muss sich mithin Punkt für Punkt, nach Maassgabe ihrer Lage gegen die Cardinalpunkte des Systems und seiner Brennweite, im nämlichen Raume mit dem Bilde des Objects *a* vollständig abbilden — sei es reell oder sei es virtuell, jedenfalls so, dass die Begrenzung (der Rand) dieses Bildes das Bild von dem Rande des Diaphragmas *α* ist.

Bezeichne *β* dieses (in der Figur als gleichfalls reell angenommene) Bild von *α*, welches man kurz das Bild der Oeffnung nennen kann. Man erkennt nun sogleich, dass irgend ein Strahl, der vor dem Eintritt in das System von einem bestimmten Punkte des Objects *a* aus und durch eine bestimmte Stelle der Oeffnung *α* hindurch gegangen ist, im letzten Medium in der Verbindungslinie der correspondirenden Punkte des Objectbildes *α* und des Oeffnungsbildes *β* verlaufen muss; und dass umgekehrt auch jede Verbindungslinie von irgend zwei Punkten dieser Bilder den Weg eines in das System eingetretenen Strahls darstellt. Damit aber ist ausgedrückt, dass im letzten Medium alle überhaupt vorhandenen Strahlen von den Punkten des Objectbildes aus und durch die Punkte des Oeffnungsbildes hindurch verlaufen; oder in andern Worten: dass die gesammte Strahlung, die im letzten Medium als vom Bilde *α* der Lichtquelle ausgehend gedacht wird, durch das im nämlichen Raume auftretende Oeffnungsbild *β* des Systems in allen Stücken ebenso begrenzt ist, wie die Strahlung eines an Stelle von *α* gesetzten selbstleuchtenden Objects durch eine mit diesem Oeffnungsbilde gleich gestaltete und gleich gelegene Diaphragmenöffnung.

Vorstehende Schlüsse finden unmittelbar auch auf den oben erwähnten Fall, der bei Beleuchtung eines Objectes mit durchfallendem

Licht eintreten kann, Anwendung. Auch wenn die Begrenzung der Strahlenkegel, die der optische Apparat von den Objectpunkten aufnimmt, hinter dem Object auf der vom System abgewandten Seite erfolgt, etwa durch die Contouren der Lichtquelle selbst, oder durch den Rand einer Blendungsöffnung zwischen ihr und dem Object, ist stets eine Fläche im vorderen Medium gegeben, welche die Rolle des vorhin betrachteten Diaphragmas α in allen Stücken übernimmt: ihre veränderte Lage gegen Object und Linsensystem hat ausschliesslich eine andere Stellung des nunmehrigen Oeffnungsbildes gegen das Bild des Objects im hintern Medium zur Folge.

Es kann jedoch auch der Fall vorkommen, dass die Begrenzung der durch den Apparat hindurch tretenden Strahlen überhaupt nicht im vordern Raume, sondern entweder durch ein Diaphragma hinter dem System oder durch ein solches zwischen den Linsen erfolgt. Liegt ersteres vor, so übernimmt offenbar dieses Diaphragma für das letzte Medium die Rolle, die vorher dem Oeffnungsbilde zukam; in Betreff des Strahlengangs vor dem System aber lässt sich durch eine nahe liegende Betrachtung erweisen, dass das Bild, welches die brechenden Flächen von der hinter ihnen befindlichen Blendung nach vorn entwerfen, mag es reell oder virtuell werden, die eintretenden Strahlenbündel ebenso wie eine im vordern Medium an seiner Stelle angebrachte wirkliche Blendung begrenzt. — Befindet sich endlich das wirksame Diaphragma zwischen den brechenden Flächen, so beweist man auf gleichem Wege, dass für den Strahlengang im ersten Medium das reelle oder virtuelle Bild maassgebend ist, welches die vor der Blendung stehenden Linsen nach dem vordern Raum hin entwerfen, und für den Strahlenverlauf im letzten Medium das von den hinter ihr stehenden nach hinten erzeugte Bild; auf diese beiden Oeffnungsbilder — die nach bekannten Sätzen der Dioptrik auch stets Bilder von einander sind — finden die früheren Schlüsse ungeändert Anwendung.

So sind z. B beim Auge die eintretenden Strahlenbündel begrenzt nicht durch die wirkliche Pupillenöffnung im Innern, sondern vielmehr durch das von der Hornhaut nach vorn entworfene virtuelle Bild derselben, gestaltet und gelegen genau so, wie die Pupille von aussen gesehen erscheint. Dieses liegt zwar gleichfalls innerhalb der Augenmedien; für die Verwendung aber, die es finden soll, ist es in der virtuellen Fortsetzung des äussern Luftraumes zu denken, so dass die Strahlen eines vor dem Auge stehenden Objects gradlinig bis zu ihm hin verlaufen. — Andrerseits finden die Strahlenkegel, welche die Netzhaut treffen, ihre Begrenzung vermöge des — gleichfalls virtuellen — Bildes der Pupille, das von der Linse nach hinten entworfen wird

und in der virtuellen Fortsetzung des Glaskörpers enthalten gedacht werden muss.

Nachdem auf diese Art Rechenschaft gegeben ist von den geometrischen Bedingungen, an welche die Lichtstrahlung in dem Raume hinter dem optischen System geknüpft ist, insofern man sie daselbst von den Punkten des Bildes der Lichtquelle ausgehend denkt, bleibt zur allseitigen Bestimmung der fraglichen Wirkung nur noch die Leuchtkraft festzustellen, die diesem Bilde in seinen verschiedenen Theilen beizulegen ist. Solches kann leicht geschehen, indem man das im vorigen Abschnitt aufgestellte allgemeine Theorem über die mittelbare Lichtstrahlung einer Lichtquelle durch spiegelnde oder brechende Flächen auf den vorliegenden Fall anwendet — was ohne Weiteres zulässig erscheint, da alle für ihn zu machenden Voraussetzungen als mögliche specielle Fälle in denjenigen Voraussetzungen enthalten sind, auf welche jener Satz sich gründet. Dieser fordert nun im Allgemeinen die Einführung einer beliebig gelegenen und beliebig gestalteten Fläche im Bereich des letzten Mediums; er fordert sodann, zur Bestimmung der Wirkung an je einem Orte im hintern Raume, dieser Fläche eine Leuchtkraft beizulegen, die Punkt für Punkt der an einer correspondirenden Stelle der Lichtquelle auftretenden gleich, bezüglich proportional ist; und er giebt für die Ermittelung dieser correspondirenden Stellen eine Regel, die für jeden einzelnen Ort ein eindeutiges, im Allgemeinen aber für jeden andern ein anderes Resultat liefern muss. Da nun für die Wahl jener Hülfsfläche, in der die äquivalente Vertheilung der Leuchtkraft aufzunehmen ist, vollkommen freie Hand bleibt, so darf man sie im einzelnen Falle den besondern Umständen so anpassen, dass dabei das Endergebniss eine möglichst übersichtliche und einfache Gestalt gewinnt. Nachdem nun schon, in Rücksicht auf die geometrischen Eigenschaften des Strahlenlaufs, das Bild der Lichtquelle selbst zum Träger der Lichtwirkung im letzten Medium gemacht worden, ist ihm selbstverständlich auch die Rolle jener Hülfsfläche für die weitere Betrachtung zuertheilt. In der That wird aber auch durch diese Disposition für die beabsichtigten photometrischen Bestimmungen die denkbar einfachste Form gewonnen.

Denkt man nämlich — um die in Abschnitt II gegebene Construction jetzt anzuwenden — von irgend einer Stelle des letzten Mediums Richtungslinien nach den verschiedenen Punkten des Bildes der Lichtquelle gezogen und nach den Gesetzen für die Brechung eines Lichtstrahls durch das ganze System hindurch bis zu dieser hin fortgesetzt, so muss jetzt jede solche Richtungslinie, von wo aus sie auch gezogen sei, wofern sie überhaupt zur Lichtquelle gelangt,

Digitized by Google

sie nothwendig in demjenigen Punkt erreichen, durch dessen Bild im letzten Medium sie hindurch geht — wie aus dem Begriffe des optischen Bildes ohne Weiteres einleuchtet. Im Hinblick auf die allgemeinen Bestimmungen des vorigen Abschnittes folgt hieraus aber, dass jede Stelle der Bildfläche, von welcher überhaupt Strahlen nach irgend einem Orte des letzten Mediums gelangen, für diesen Ort eine Leuchtkraft gewinnen muss, die derjenigen im correspondirenden Objectpunkt nach Maassgabe des Quadrats des relativen Brechungsexponenten proportional ist; oder in andern Worten: die Lichtquelle überträgt die Leuchtkraft ihrer einzelnen Theile auf die entsprechenden Theile des von ihr entworfenen Bildes, Punkt für Punkt modificirt nach Verhältniss des relativen Brechungsexponenten vom ersten zum letzten Medium.

Bei dieser Form der Bestimmung kommt nun kein Element mehr in Betracht, welches auf den Ort Bezug nähme, für welchen die Wirkung gesucht wird, ausser für die Entscheidung der Alternative, ob überhaupt die durch einen Bildpunkt gezogene Richtungslinie zur Lichtquelle gelangt oder, vermöge der Begrenzung des Strahlengangs, am Durchtritt durch den optischen Apparat verhindert wird, d. h. ob für den angenommenen Ort eine Stelle des Bildes überhaupt zur Mitwirkung gelangt oder als ganz unwirksam erscheint. Demnach ergiebt sich für das Bild der Lichtquelle eine Vertheilung der Leuchtkraft, die für den ganzen Bereich des letzten Mediums allgemeingiltig ist; mit der Einschränkung jedoch, dass für jeden andern Ort darin im Allgemeinen ein anderer Theil der Bildfläche wirksam wird, ein anderer unwirksam bleibt.

Wie sich für die einzelnen Orte im hinteren Raume die Scheidung des Bildes in einen wirksamen und einen unwirksamen Theil gestalte, kann endlich ebenfalls leicht bestimmt werden, indem man auf die Bedeutung des Oeffnungsbildes, wie sie vorher dargelegt ist, zurückgeht. Das dort Gesagte, zusammengehalten mit dem zuletzt aufgestellten Satz, liefert das kurze und übersichtliche Endergebniss:

Die gesammte Strahlenwirkung, welche ein beliebiger optischer Apparat im Bereich des letzten Mediums vermittelt, ist nach allen Beziehungen vollständig bestimmt, indem man dem Bilde des Objects oder der Lichtquelle Punkt für Punkt die Leuchtkraft der correspondirenden Stellen des Objects selbst (oder eine ihr proportionale) beilegt, und die vom Bilde ausgehende Strahlenverbreitung durch das Bild der Oeffnung so begrenzt denkt, wie die Strahlung einer selbstleuchtenden Fläche durch ein entsprechendes Diaphragma.

Darauf hin ist unmittelbar zu entscheiden, welcher Abschnitt des Bildes für irgend einen gegebenen Ort wirksam wird, indem man den Theil desselben abgrenzt, von welchem aus die Richtungslinien (Strahlen) nach dem fraglichen Orte in geradliniger Fortsetzung irgend einmal durch das Bild der freien Oeffnung hindurch treten. Dies ist, wie leicht einzusehen, immer derjenige und nur derjenige Theil des Objectbildes, welcher sich von jenem Orte aus auf das Oeffnungsbild projicirt, oder auf welchen sich das Oeffnungsbild projicirt. — Stellt z. B. in Fig. 5 *bc* das Bild der Lichtquelle und *βγ* das im nämlichen Medium entwor-

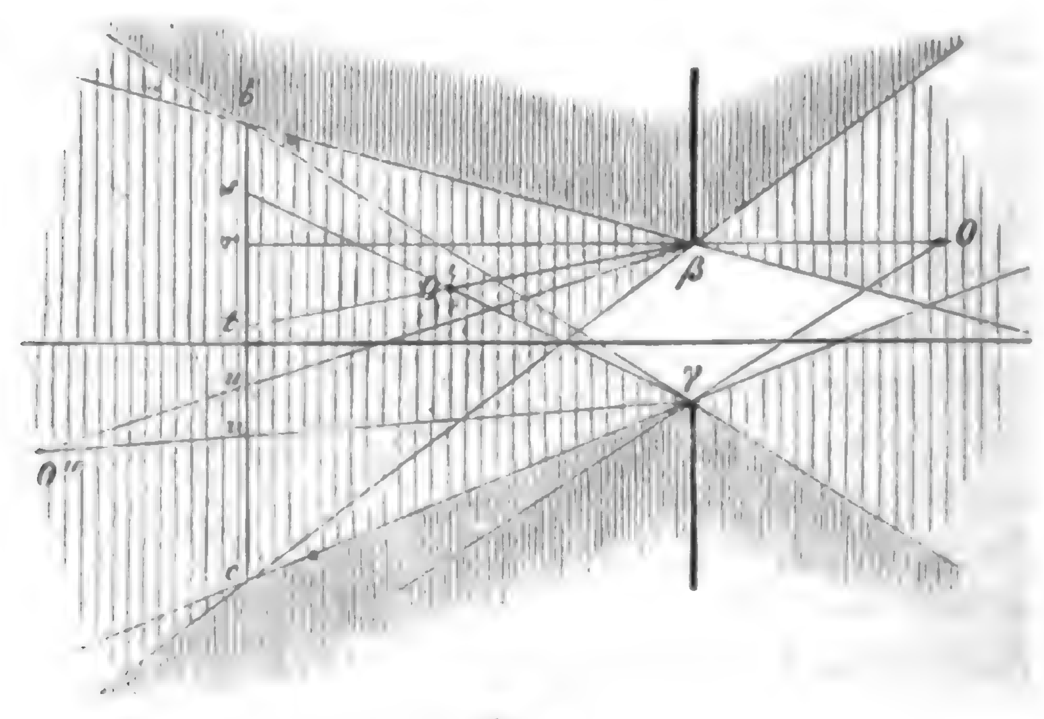


Fig. 5.

fene Bild der Oeffnung dar, so giebt für den Ort *O* der Strahl *Oβr* die Grenze des wirksamen Theils; der Abschnitt *cr* sendet von allen seinen Punkten Strahlen nach *O*, der Abschnitt *rb* von keinem seiner Punkte; er ist daher für die in *O* erfolgende Beleuchtungswirkung nicht vorhanden, oder es ist ihm eine Leuchtkraft = Null zuzuschreiben. Ebenso findet sich der wirksame Theil des Bildes für die Stelle *O'* zwischen den Punkten *s* und *t*, für die Stelle *O''* zwischen *u* und *v* u. s. w.

Hinsichtlich der Lage beider Bilder gegeneinander und gegen den Ort der Wirkung können vielfache Modificationen eintreten. Für den Theil des letzten Mediums, von welchem aus das Bild der Oeffnung vor dem Objectbild steht, wie in Fig. 5 für den Abschnitt auf der Seite des Punktes O, wirkt jener in allen Stücken wie ein durchsichtiges Fenster in einer undurchsichtigen Wand gegenüber einer hinter dieser befindlichen Lichtquelle. Aber auch wenn die Lagenverhältnisse andere sind und dieser Vergleich keine wörtliche Anwendung findet, die Richtungslinien vielmehr die Oeffnung erst treffen, indem man sie rückwärts über das Bild hinaus oder vorwärts über den Ort der Wirkung

Digitized by Google

hinaus verlängert, immer bleibt der Zusammenhang der Sache nach derselbe. In allen Fällen kann — wie in der Figur durch die ungleiche Schraffirung angedeutet ist — der ganze Raum im Bereiche des letzten Mediums in drei von einander getrennte Abschnitte zerfällt werden, vermöge einer Construction ganz gleichartig derjenigen, durch welche man Kernschatten, Halbschatten und Lichtraum eines leuchtenden Körpers findet: erstens in einen solchen, in welchem alle Punkte des Objectbildes strahlend wirken, — wozu auf alle Fälle die Fläche des Oeffnungsbildes selbst gehört; zweitens in einen solchen, für welchen ein Theil leuchtet, ein anderer unwirksam ist; endlich in einen dritten, für welchen alle Wirkung ausgeschlossen, d. h. das ganze Bild der Lichtquelle durch die undurchsichtige Wand des Diaphragmas $\beta\gamma$ verdeckt ist.

Durch die im Vorstehenden entwickelten Sätze ist die photometrische Wirkung einer beliebigen optischen Combination allgemeingiltig zurückgeführt auf die directe Strahlung einer innerhalb des letzten Mediums auftretenden — secundären — Lichtquelle, deren Leuchtkraft in allen Theilen vollkommen bestimmt wird allein durch die Leuchtkraft der primären Lichtquelle und den relativen Brechungsexponenten zwischen dem ersten und dem letzten Medium. Wie sich daher jene Wirkung auch äussern mag, unter allen Umständen kann sie beurtheilt werden nach den bekannten und unter Abschnitt I zusammengestellten Gesetzen für die d i r e c t e Strahlung eines selbstleuchtenden Körpers. Nach diesen lässt sich — unter Zuhilfenahme der gleichfalls gegebenen Regeln für die geometrische Begrenzung — die Beleuchtungsstärke bestimmen, welche das optische Bild an irgend einer Stelle des Raumes hervorbringt, ohne dass es nöthig wäre, irgend ein neues Gesetz für diesen Fall aufzustellen. Namentlich reicht diese Zurückführung auch aus, um diejenigen Effecte vollständig zu beherrschen, die ein optischer Apparat darbietet, insofern er als Hilfsmittel für das künstliche Sehen Verwendung findet, da sie auf Grund derselben ohne Weiteres mit der entsprechenden Wirkung eines leuchtenden Gegenstandes beim natürlichen Sehen verglichen werden können — wie im Folgenden noch näher erörtert wird.

Nur für einen singulären Fall bedarf die gegebene Entwickelung noch einer Ergänzung. Wenn nämlich die Lichtwirkung gesucht wird für einen Punkt, der in das Bild der Lichtquelle selbst fällt, — wobei natürlich, sofern physisch realisirbare Verhältnisse ins Auge gefasst werden, dieses Bild ein reelles sein muss. Für diesen Fall — der bei jeder Sammellinse für den Ort ihres Focus, beim Auge, Bildmikroskop etc. eintritt, und in Bezug auf diese Apparate vorzugsweise Interesse

gewinnt — versagt die aufgestellte Regel zur Bestimmung des wirksamen Theils des Bildes ihren Dienst: lässt man den Ort der Wirkung (etwa den Punkt O in Fig. 5) mit irgend einer Stelle des Objectbildes selbst zusammenfallen, so wird der Theil des letztern, den die Projection des Oeffnungsbildes deckt oder dessen Projection seinerseits das Oeffnungsbild bedeckt, absolut Null, während gleichzeitig der Abstand der als Lichtquelle geltenden Fläche vom Orte der Wirkung und damit überhaupt die Möglichkeit einer von ihr ausgehenden Beleuchtung aufgehoben ist. Die Unbestimmtheit des Resultats, die in diesem Falle scheinbar vorliegt, hebt sich indess sogleich, wenn man denselben als Grenzfall einer immer weiter fortgesetzten Annäherung an die Bildfläche auffasst und demgemäss die Wirkung beurtheilt.

Stelle bc (Fig. 6) wiederum das Bild der Lichtquelle und $\beta\gamma$ das der Oeffnung vor. Betrachtet man zunächst einen Punkt O in beliebiger Entfernung von bc, für welchen, nach der oben gegebenen Regel bestimmt, der wirksame Theil der Bildfläche der Raum su sein mag, so kann die von ihm in O ausgeübte Lichtwirkung ganz allgemein auch auf eine Vertheilung von Leuchtkraft in der Fläche des Oeffnungsbildes zurückgeführt werden.

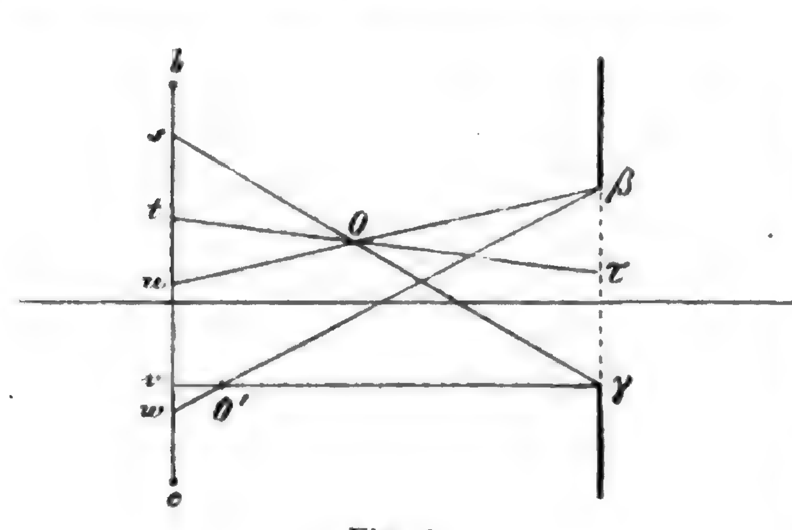


Fig. 6.

Denn nach einem in Abschnitt I namhaft gemachten Satz sind die Beleuchtungseffecte zweier leuchtenden Flächen an einem bestimmten Punkt äquivalent, wenn von hier aus die eine sich so auf die andere projicirt, dass Theil für Theil Stellen gleicher Leuchtkraft zusammenfallen. Daher braucht man nur die Leuchtkraft des Bildes bc in irgend einem Punkte des Stückes su auf den entsprechenden Punkt T des Oeffnungsbildes übertragen zu denken, um von diesem aus in O die nämliche Wirkung zu erhalten. Dies gilt allgemein, welches auch die Lage der beiden Bilder gegen einander und gegen den Ort der betrachteten Wirkung sein mag. Wenn man hiermit zusammenhält die Bestimmung, nach welcher die Leuchtkraft des Bildes aus der der Lichtquelle selbst abgeleitet wird, so rechtfertigt sich leicht der folgende Ausdruck für das Gesetz der Lichtwirkung, durch einen beliebigen optischen Apparat: es ist die gesammte Strahlung an irgend einem Orte des letzten Mediums in allen Stücken iden-

tisch mit einer Strahlung aus der Fläche des Oeffnungsbildes, wofern man dieser jedesmal Punkt für Punkt eine Leuchtkraft beilegt, gleich oder proportional derjenigen der ursprünglichen Lichtquelle in dem Theile, dessen Bild sich von jenem Orte aus auf das Bild der Oeffnung projicirt.

Diese Form des Gesetzes ist zwar im Allgemeinen, gegenüber der zuerst entwickelten, für die Uebersicht der gesammten Wirkungen weniger bequem; dagegen ist sie die allein anwendbare und zugleich auch die einfachste, wenn es sich um den vorhin namhaft gemachten besondern Fall handelt. Denn in dem eben aufgestellten Theorem hindert Nichts, den Ort der zu bestimmenden Wirkung beliebig nahe an das Objectbild heranrücken und ihn zuletzt in dieses selbst fallen zu lassen. Je näher — s. Fig. 6 — der Punkt O' an bc liegt, desto kleiner wird der Theil vw, desto kleiner also auch der correspondirende Theil der Lichtquelle selbst, von welchem die Fläche $\beta\gamma$ ihre Leuchtkraft entlehnt, desto mehr nähert sich demnach die Leuchtkraft in ihren verschiedenen Theilen demselben Werth; rückt O' schliesslich ganz in das Bild bc, so reducirt sich der Raum vw auf einen einzigen Punkt, dessen Leuchtkraft folglich für alle Theile von $\beta\gamma$ zugleich maassgebend wird. Man erhält daher für den ins Auge gefassten Fall folgenden einfachen Satz:

Die Lichtwirkung, welche irgend ein optischer Apparat in einem beliebigen Punkte des Bildes einer gegebenen Lichtquelle vermittelt, ist stets äquivalent einer Lichtstrahlung aus der Fläche des Oeffnungsbildes, wenn dieser in allen Theilen die Leuchtkraft des zugehörigen Objectpunktes beigelegt wird — oder eine dieser im Verhältniss des Quadrats des Brechungsexponenten proportionale, falls das letzte Medium vom ersten verschieden ist.

Mit dieser Ergänzung vermag die aufgestellte Theorie über alle Fragen Rechenschaft zu geben, die auf dem Boden der ihr zu Grunde liegenden Voraussetzungen sich darbieten können. Uebrigens erkennt man, dass alle wesentlichen Bestandtheile der Darstellung in diesem Abschnitte, wenigstens als mehr oder minder zutreffende Näherungen, oder mit leicht zu überschauenden Correctionen in Geltung bleiben auch dann noch, wenn die eine oder die andere jener Voraussetzungen im einzelnen Falle nicht vollständig erfüllt ist.

So wird namentlich die von Anfang an festgehaltene Annahme rein spiegelnder oder rein brechender Flächen, die natürlich niemals der

Wirklichkeit genau entsprechen kann, nur solche Modificationen in den schliesslichen Ergebnissen herbeiführen, die den allgemeinen Zusammenhang der einzelnen Bestimmungen gar nicht mehr berühren und auch in ihrem Einfluss auf das Quantitative der Wirkung im concreten Fall meistens leicht abzuschätzen sind. Bei denjenigen Formen optischer Apparate wenigstens, an welche sich das Interesse dieser Untersuchung vorzugsweise knüpft, sind die vernachlässigten Nebenwirkungen, die Reflexionen an den brechenden, die Absorption an den spiegelnden Flächen und im Innern der durchsichtigen Medien, — wenige exceptionelle Fälle abgerechnet — erstens sehr gering und zweitens für die ganze Ausdehnung je einer Fläche als nahezu constant anzusehen. Ihr Einfluss auf das Endergebniss reducirt sich daher auf eine an allen Stellen nahezu gleichförmige Verminderung der Leuchtkraft der im letzten Raume wirksamen Lichtquelle; man trägt ihr bequem durch Einführung eines Verlustfactors Rechnung, den man in jedem concreten Fall aus der Zahl und Beschaffenheit der betreffenden Theile nach bekannten Verfahrungsweisen numerisch bestimmen kann.

Was ferner die sogenannte chromatische und sphärische Abweichung anlangt, so stellt erstere zunächst kein Hinderniss für die Anwendung der entwickelten Sätze dar; denn diese kann auf die verschiedenen farbigen Bestandtheile des Lichts einzeln erfolgen und liefert alsdann für jeden ein Resultat der gleichen Art, nur dass die geometrischen Bestimmungsstücke darin, Grösse und Lage der maassgebenden Bilder, von einer Farbe zur andern um ein weniges variiren. Die Gesammtwirkung lässt sich daher bestimmen durch Summation der Strahleneffecte, welche von den verschiedenen farbigen Bildern, jedes für sich genommen, ausgehen. Das Auftreten sphärischer Aberrationen, und zwar solcher, welche den homocentrischen Verlauf der Strahlen beeinträchtigen, hebt allerdings den Begriff des optischen Bildes und damit auch die darauf gegründeten Schlüsse streng genommen auf. Daher erlauben die Ergebnisse der vorstehenden Untersuchung ohne weiteres die Anwendung nur in dem Falle, dass die Oeffnungswinkel der wirkenden Strahlenkegel verschwindend klein bleiben, oder es muss, wenn sie eine endliche Grösse besitzen, ausdrücklich die Annahme gemacht werden, dass das optische System wenigstens für die Punkte der beiden maassgebenden Bilder vollkommen aberrationsfrei sei. Wie man indess, auch wenn diese Voraussetzung nicht erfüllt ist, bei der Betrachtung der rein geometrischen Beziehungen den einfachen Begriff des optischen Bildes dennoch festhält, indem man die Abweichungen vom Strahlengang durch Einfüh-

Digitized by Google

rung kleiner Zerstreuungskreise für die Bildpunkte in Anschlag bringt, so lassen sich in diesem Falle auch die photometrischen Gesetze in der entwickelten einfachen Form aufrecht erhalten, wofern bei ihrer Anwendung im Einzelnen auf diese Zerstreuungskreise in leicht ersichtlicher Art Bedacht genommen wird. — Aberrationen endlich, welche sich in anderer Art äussern, etwa in einer Krümmung der Bilder oder in ungleichförmiger Vergrösserung, sind für die in Rede stehenden Fragen völlig gleichgiltig, da über die Gestalt des Bildes keinerlei Voraussetzung gemacht worden ist.

(Schluss folgt.)

Ueber Schwefelsäurechloride.

Von

Dr. A. Michaelis.

In einer früheren Abhandlung habe ich gezeigt, dass sich das Chlorid SO_2Cl_2 auf keine Weise aus einer Schwefelsäureverbindung darstellen lässt. Beim Vergleichen der Literatur fand ich nun in einer Abhandlung von Carius [1]), »Ueber die Chloride des Schwefels«, in einer Anmerkung die Angabe, dass sich diese Verbindung durch Einwirkung von Phosphorsuperchlorid auf Bleisulfat bilden solle. Da diese Einwirkung, wenn sie wirklich so glatt von statten ginge wie dies Carius angiebt, eine sehr bequeme Darstellungsmethode des Sulfurylchlorids sein würde, so säumte ich nicht sie zu prüfen.

Carius giebt nicht an in welchem Verhältniss er Phosphorsuperchlorid und Bleisulfat anwandte. Indem ich voraussetzte, dass die Einwirkung nach der Gleichung

$$SO_4Pb + 2PCl_5 = SO_2Cl_2 + 2POCl_3 + PbCl_2$$

vor sich ginge, brachte ich ein inniges Gemenge von 70 Grm. PCl_5 und 58 Grm. SO_4Pb (also ein Ueberschuss von 5 Grm. dieses letzteren Körpers) in einen Kolben, der mit einem umgekehrten Liebig'schen Kühler verbunden war und erhitzte im Wasserbade. Da sich nach kurzer Zeit am oberen Ende des Kühlers ein starker Geruch nach Chlor und schwefliger Säure bemerkbar machte, so verband ich denselben mit einem Glasrohr und leitete die sich entwicklenden Gase in ein etwas Wasser enthaltendes Gefäss. Hier konnte die schweflige Säure, zu Schwefelsäuse oxydirt, nachgewiesen werden und das Chlor gab sich durch Geruch und Farbe zu erkennen. Nach fünfstündigem Erhitzen hatte die Gasentwicklung aufgehört und die vorher trockne Masse war grösstentheils flüssig geworden. Diese Flüssigkeit liess sich durch

1) Ann. d. Chem. u. Pharm. CVI. p. 307.

wiederholte Destillation in drei Theile zerlegen. Der erste, welcher nur eine sehr geringe Menge darstellte, siedete von 80—95°. Mit Wasser zersetzt entwickelte derselbe eine grosse Menge schweflige Säure, während die Lösung nur eine geringe Reaction auf Schwefelsäure zeigte. Dieser Theil bestand also hauptsächlich aus Thionylchlorür, welches höchstens Spuren von Sulphurylchlorid enthielt.

Der zweite Theil, dessen Siedepunkt bei 110° lag und fast die ganze Menge der Flüssigkeit ausmachte, bestand aus Phosphoroxychlorid.

Der dritte Theil endlich, welcher noch weniger wie der niedrigst siedende betrug und von 145°—150° siedete, bildete an der Luft weisse Nebel und zersetzte sich mit Wasser ganz ruhig. Die Flüssigkeit enthielt dann viel Schwefelsäure. Dies war also jedenfalls Pyrosulfurylchlorid [1].

Hieraus folgt zunächst, dass die Angabe von Carius, die Einwirkung von Phosphorsuperchlorid auf Bleisulfat sei eine bequeme Darstellungsweise des Sulphurchlorids, ganz falsch ist; was derselbe für Sulphurylchlorid gehalten hat, war nur Thionylchlorür mit höchstens Spuren von Sulphurylchlorid vermischt. Die wirkliche Einwirkung verläuft im Ganzen vielmehr so, dass statt des Sulphurylchlorids dessen Zersetzungsproducte Chlor und schweflige Säure auftreten:

$$SO_4Pb + 2PCl_5 = SO_2 + Cl_2 + 2POCl_3 + PbCl_2.$$

Die Bildung des Pyrosulfurylchlorids macht es wahrscheinlich, dass diese Zersetzung in zwei Phasen verläuft, indem sich zuerst Pyrosulphurylchlorid nach der Gleichung:

$$2SO_4Pb + 3PCl_5 = S_2O_5Cl_2 + 3POCl_3 + 2PbCl_2$$

bildet, dies wird aber, wie ich früher gezeigt habe [2], durch Phosphorsuperchlorid in Chlor und schweflige Säure zersetzt nach der Gleichung:

$$S_2O_5Cl_2 + PCl_5 = 2SO_2 + 4Cl + PCl_3O.$$

Das Thionylchlorür ist offenbar ein secundäres Product, entstanden durch die Einwirkung der sich entwickelnden schwefligen Säure auf Phosphorsuperchlorid.

Da es mir so auf keine Weise gelang das Sulphurylchlorid darzustellen, so war ich daran die Existenz dieses Körpers überhaupt zu bezweifeln. Als einzig mögliche Art seiner Darstellung blieb noch die von Regnault [3]) übrig, nämlich schweflige Säure und Chlor im Sonnenlicht auf einander einwirken zu lassen. Regnault giebt als Siedepunkt des von ihm erhaltenen Körpers 77° an; da nun der Siedepunkt des

1) Vergl. d. Zeitschr. Bd. VI. p. 236.
2) Ebend.
3) Ann. de chim. et de phys. (3) T. LXXI. p. 445.

damals noch unbekannten Thionylchlorürs 78° ist, so konnte vielleicht eine Verwechselung dieser beiden Körper stattgefunden haben, mit welcher Voraussetzung freilich nicht die analytischen Resultate Regnault's und das von ihm angegebene Verhalten dieses Körpers übereinstimmen. Thionylchlorür hätte sich unter Freiwerden von Sauerstoff aus schwefliger Säure und Chlor bilden können;

$$SO_2 + Cl_2 = SOCl_2 + O.$$

Um hierüber völlige Sicherheit zu erhalten, wiederholte ich die Versuche von Regnault, und zwar im Monat Juli, da die Sonne nach Regnault um diese Zeit am wirksamsten sein soll.

Ein erster Versuch das Sulphurylchlorid ähnlich dem Carbonylchlorid durch Hindurchleiten von schwefliger Säure und Chlor durch mehrere dreihalsige Flaschen im directen Sonnenlicht darzustellen, schlug vollständig fehl; es bildeten sich allerdings nach 6stündigem Hindurchleiten der Gase einige Tropfen Flüssigkeit, allein viel zu wenig um sie sammlen zu können.

Ich füllte deshalb 5 grosse Kolben mit den nach ungefähr gleichem Volum gemischten Gasen. Diese Kolben waren mit zwei Glasröhren, eine tief in den Kolben hinabgehende, welche zum Einleiten des Gases diente und eine kurze, welche mit der längeren Röhre des zweiten Kolben verbunden war, versehen. Der Kork, durch welchen diese Röhren hindurchgingen, war mit Siegellack luftdicht überzogen. Nachdem durch mehrstündiges Einleiten des sorgfältig getrockneten Gasgemisches alle Kolben eine grüne Farbe angenommen hatten, wurden dieselben mit Kautschukröhren, welche mit einem Stück Glasstab an einem Ende verstopft waren, geschlossen.

Dem directen Sonnenlicht ausgesetzt, zeigten sich schon nach wenigen Stunden kleine Tropfen, welche die Wände der Kolben bedeckten und nach einigen Tagen sich am Boden zu einer leicht beweglichen Flüssigkeit sammelten. Nach 4 Tagen war die grüne Farbe der Kolben verschwunden, worauf dieselben zum zweiten Mal mit den Gasen gefüllt wurden. Dabei muss man jedoch die letzten Kolben kühlen, da sonst von dem Gasstrom ein Theil des leicht flüchtigen Productes mit fortgerissen werden kann.

Die schliesslich erhaltene Flüssigkeit, welche, nachdem sie durch mehrfache Destillation von den absorbirten Gasen befreit, völlig farblos war, zersetzt sich mit Wasser in Schwefelsäure und Salzsäure, ohne Entwickelung von schwefliger Säure. Ich hatte jetzt wirklich die Verbindung SO_2Cl_2, das Sulphurylchlorid, in Händen. Dieselbe zeigte alle von Regnault angegebenen Eigenschaften, zu welchen ich noch folgende hinzufügen kann.

Mit wenig Wasser bildet das Sulphurylchlorid Sulphurylhydroxylchlorid unter Entwickelung von Salzsäure

$$SO_2Cl_2 + H_2O = SO_2(OH)Cl + HCl.$$

Dieselbe Verbindung bildet sich durch Erhitzen von Dihydroxyl-Schwefelsäure mit Sulphurylchlorid

$$SO_4H_2 + SO_2Cl_2 = 2SO_2(OH)Cl.$$

Diese beiden Reactionen dürften ein genügender Beweis dafür sein, dass die Verbindung SO_3HCl wirklich als Sulphuryl hydroxylchlorid aufzufassen ist. Da bei der Darstellung des Sulphurylchlorids etwas Feuchtigkeit nicht zu vermeiden ist, so beobachtet man bei der Darstellung des Sulphurylchlorids auch immer die Bildung von einer geringen Menge Sulphurylhydroxylchlorid.

Phosphorsuperchlorid wirkt schon bei gewöhnlicher Temperatur allmählich auf Sulphurylchlorid ein, unter Entwickelung von Chlor und Bildung von Thionylchlorür neben Phosphoroxychlorid.

$$SO_2Cl_2 + PCl_5 = SOCl_2 + PCl_3O + 2Cl.$$

Hierbei bildet sich wohl zunächst $SOCl_4$, welche Verbindung dann aber sogleich in Chlor und Thionylchlorür zerfällt.

Jena, Univ.-Laboratorium, August 1870.

---

by Google

Ueber die Einwirkung von Phosphorbromchlorid auf Schwefligsäure-Anhydrid.

Von

Dr. A. Michaelis.

Nachdem GEUTHER und ich in einer früheren Abhandlung die Einwirkung von $PCl_3\,Br_2$ auf Wasser und Säurehydrate untersucht hatten, schien es mir nicht uninteressant zu sein, auch die Wirkungsweise dieses Körpers auf Säureanhydride zu studiren. Ich wählte hierzu das Schwefelsäureanhydrid, da weder Phosphorchlorür noch Brom als solche auf dieses einwirken. Es musste sich hierbei zeigen, ob das Gemisch von PCl_3 und Br_2 als $PCl_3\,Br_2$ oder vielleicht als Gemenge von Phosphorsuperchlorid und Phosphorsuperbromid wirkte, da

$$5PCl_3\,Br_2 = 3PCl_5 + 2PBr_5$$

ist. Es musste je nachdem also entweder Thionylbromür und Phosphoroxychlorid oder Thionylbromür, Thionylchlorür, Phosphoroxychlorid und Phosphoroxybromid entstehen.

Da Phosphorchlorür und Brom sich nicht mischen, so wurde Schwefligsäure-Gas so eingeleitet, dass dasselbe die untere Bromschicht passirte. Unter starkem Erwärmen der Flüssigkeit wurde dieselbe allmählich gleichförmig und nahm durchgehends eine braunrothe Farbe an. 40 Grm. Br. und 34,4 Grm. PCl_3 nahmen dabei 7,5 Grm. SO_2 auf, d. h. ungefähr die Hälfte der Menge, welche hätte aufgenommen werden müssen, wäre die Einwirkung nach der Gleichung

$$PCl_3\,Br_2 + SO_2 = PCl_3\,O + SO\,Br_2$$

vor sich gegangen; diese Gleichung verlangt nämlich 16 Grm.

Beim Destilliren der erhaltenen Flüssigkeit gingen die ersten Antheile, die sehr dunkel gefärbt waren, bei 100° über, dann stieg der

Siedepunkt bis 115° und blieb hier eine Weile constant. Schliesslich stieg derselbe sehr hoch (bis 200°) und es blieb in der Retorte eine schwarze schwere Flüssigkeit, die beim weiteren Erhitzen sich stark aufblähte.

Die von 100—115° übergegangene Flüssigkeit zerfiel beim wiederholten Destilliren in freies Brom und noch nicht ganz farbloses, bei 107—110° siedendes Phosphoroxychlorid. Der bei 115° übergegangene Theil zerfiel in freies Brom, Phosphoroxychlorid und in den schwarzen beim Destilliren zurückbleibenden Körper.

Das Phosphoroxychlorid konnte durch Destillation über etwas Zink völlig farblos erhalten werden, und wurde dann durch bekannte Reactionen als solches nachgewiesen.

Die beim Destilliren zurückgebliebene schwarze, schwere Flüssigkeit hatte ganz den Geruch des Chlorschwefels und wie dieser die Eigenschaft nicht am Glase zu adhäriren. Dies machte es wahrscheinlich, dass diese Flüssigkeit Bromschwefel und zwar BrS war, der sich durch Zersetzung von SBr_4 unter Freiwerden des Broms gebildet haben konnte. Da jedoch der betreffende Körper noch unrein war, so musste er zu destilliren versucht werden.

Nach Rose[1]) soll sich der Bromschwefel aber dabei zersetzen, weshalb ich diese Operation im raschen Kohlensäurestrom ausführte. Bei 210°—220° ging der Körper über und bildete nun eine klare rothbraune Flüssigkeit, deren Geruch der des Chlorschwefels war und welche am Glase fast ebenso wenig wie Quecksilber adhärirte. Eine Schwefelbestimmung, die so ausgeführt wurde, dass eine gewogene Menge durch Kalilauge zersetzt, der ausgeschiedene Schwefel als solcher und, nachdem die Flüssigkeit mit Chlor gesättigt, die darin enthaltene Schwefelsäure als Baryumsulfat bestimmt wurde, ergab folgende Resultate.:

0,8703 Grm. Subst. gaben 0,1407 Grm. Schwefel und 0,7578 Grm. Baryumsulfat entspr. 0,1040 Grm. Schwefel, also zusammen = 0,2447 Grm. = 28,1 Proc. Schwefel. Die Formel BrS verlangt 28,57 Proc.

Darnach ist der Körper also wirklich dieses Schwefelbromür und die Einwirkung von PCl_3 und Br_2 auf SO_2 in Uebereinstimmung mit der absorbirten Menge Schwefligsäure-Anhydrids nach der Gleichung

$$2PCl_3Br_2 + SO_2 = 2PCl_3O + SBr_4$$

verlaufen. Daraus folgt also, dass das Gemisch von PCl_3 und Br_2 wirklich als PCl_3Br_2 wirkt und nicht als Gemenge von PCl_5 und PBr_5. Die

1) Ann. d. Chem. u. Pharm. VIII. p. 149.

Wirkung erfolgt wahrscheinlich in drei Phasen, indem zuerst Thionylbromür gebildet wird, welches sodann gleich in Schwefligsäure und Vierfach-Bromschwefel, und letzterer seinerseits wieder in Schwefelbromür und Brom zerfällt:

$$PCl_3Br_2 + SO_2 = PCl_3O + SOBr_2$$
$$2SOBr_2 = SO_2 + SBr_4$$
$$SBr_4 = SBr + 3Br.$$

Jena, Univ.-Laboratorium, August 1870.

Digitized by Google

Ueber die Ceritmetalle.

Von

Dr. Carl Erk.

I. Ueber die Trennung des Cer's vom Lanthan und Didym.

Die Ceritmetalle sind seit langer Zeit schon Gegenstand vielfältiger Untersuchungen gewesen und besitzen bereits eine reichhaltige Literatur[1]. Vorzugsweise ist die Trennung des Cer's vom Lanthan und Didym eine vielerörterte Frage gewesen. Durch Benutzung der Bunsen'schen, von Jegel modificirten Methode[2], bei welcher das Cer als basisches Cero-Cerisulfat abgeschieden wird, ist es leicht, vollkommen reines Cer zu erhalten. Schwieriger dagegen ist völlige Trennung des Lanthan's und Didym's vom Cer. Man suchte bisher die letzten Spuren vom Cer dadurch zu entfernen, dass man die geglühten, noch cerhaltigen Oxyde mit sehr verdünnter Salpetersäure digerirte, wobei sich Lanthan- und Didymoxyd lösen, Cero-Cerioxyd dagegen ungelöst bleibt.

Aber nur bei wiederholter Behandlung der Oxyde mit sehr verdünnter Salpetersäuse wird alles Cer auf diese Weise entfernt.

Popp[3] giebt an, dass man durch Behandeln einer cerhaltigen Didym- und Lanthanchlorürlösung mit Chlor, Versetzen mit Natrium-

---

1) Mosander, Pogg. Ann. 46, 648. 47, 207. 56, 504. Bunsen, Ann. d. Ch. u. Ph. 105, 40. Jegel und Vogler, Journ. f. pr. Chemie 73, 200. Hermann, Ebend. 82, 385. 92, 113. Lange, Ebend. 82, 129. Czudnowicz, Ebend. 80, 16; 82, 277. Holzmann, Ebend. 75, 321; 84, 76. Rammelsberg, Ebend. 77, 67; Pogg. Ann. 108, 40 u. 435. Marignac, Ann. d. Ch. u. Ph. 8, 265; 27, 209. Beringer, Ann. d. Ch. u. Ph. 68, 212. Popp, Ebend. 131. Zschiesche, Journ. f. pr. Ch. 104, 174; 107, 2. u. Andere.

2) Jegel, Journ. f. pr. Ch. 73, 200.

3) Ann. d. Ch. u. Ph. 131, 359.

Digitized by Google

acetat und Kochen alles Cer als Cero-Cerihydroxyd oder, wie POPP annimmt, als Cersuperoxyd abscheiden kann. Ich versuchte nach dieser Methode reine Lanthan- und Didympräparate darzustellen. In eine verdünnte cerhaltige Didym- und Lanthanchlorürlösung wurde Chlor im Ueberschuss eingeleitet, so dass bestimmt alles Ceroxydul zu Cero-Cerioxyd oxydirt sein musste, die Lösung nun mit einem Ueberschuss von Natriumacetat versetzt und gekocht. Schon bei einer weit unter der Siedehitze liegenden Temperatur trübte sich die Lösung durch einen weissgelben, flockigen Niederschlag, welcher mit steigender Temperatur verhältnissmässig zunahm. Nachdem die Lösung einige Minuten gekocht hatte, wurde der Niederschlag auf einem Wasserbadtrichter abfiltrirt und mit siedendem Wasser ausgewaschen. Das Filtrat war anfangs farblos, beim Auswaschen mit heissem Wasser wurde es gelb gefärbt. Das Waschwasser wurde für sich gesammelt, und der Niederschlag so lange ausgewaschen, bis das Filtrat mit Oxalsäure keine Trübung zeigte. Der Niederschlag hatte hierbei merklich abgenommen, war also in Lösung gegangen, und deshalb war das Waschwasser gelb gefärbt. Schon hieraus folgte, dass der Niederschlag nicht aus reinem Cero-Cerihydroxyd oder Cersuperoxyd, sondern aus einem basischen Acetat bestehen konnte, was fernere Versuche bestätigt haben.

Auf Zusatz von Natriumacetat wurde der Niederschlag aus dem Waschwasser wieder ausgefällt und zwar vollständig in der Siedehitze, er war also in einer Natriumacetatlösung unlöslich. Die ganze Operation wurde wiederholt, nur mit der Abänderung, dass mit einer verdünnten Natriumacetatlösung ausgewaschen wurde. Das Volumen des Niederschlags nahm hierbei gar nicht ab, das Filtrat war farblos und gab nochmals mit Chlor behandelt und gekocht nur noch einen sehr geringen Niederschlag. Zum dritten Male mit Chlor behandelt und gekocht, zeigte die Lösung gar keine Trübung mehr. Um nun die auf diese Weise erhaltenen getrennten Producte auf ihre Reinheit zu prüfen, wurde folgendermaassen verfahren. Eine Probe des Cerniederschlags wurde in Säure gelöst, durch Oxalsäure als Oxalat gefällt, dieses noch nass mit gleicher Menge Magnesia alba zusammen gerieben [1], getrocknet, geglüht und mit sehr verdünnter Salpetersäure eine Zeit lang digerirt und abfiltrirt. Im Filtrat, welches, wenn der Niederschlag nicht lanthan- und didymfrei war, davon neben Magnesia enthalten musste, liess sich weder durch Oxalsäure und Ammoniak, noch durch eine heiss concentrirte Lösung von Natriumsulfat (mit letzterem bilden Lanthan und Didym gleich dem Cer sehr schwerlösliche Doppelsulfate)

1) BUNSEN, Ann. d. Chemie u. Ph. 105, 40.

eine Spur von diesen beiden Metallen nachweisen. Das Oxalat, welches aus der Lösung des Niederschlags durch Fällen mit Oxalsäure gewonnen wurde, gab geglüht ein hell lachsfarbnes Oxyd, ganz von dem Aussehen des Cero-Cerioxyds und war wie dieses nur in concentrirter Schwefelsäure löslich. Der Cerniederschlag konnte demnach für lanthan- und didymfrei gelten.

Anders verhielt es sich mit der Reinheit der erhaltenen Lanthan- und Didymlösung. Als ich zur Trennung des Lanthans vom Didym überging, fand sich, dass sich die geglühten Oxyde mit gelber Farbe in Salpetersäure und Schwefelsäure lösten. Diese Farbe ist weder den Lanthan-, noch Didymlösungen eigen und konnte also nur von einem Cergehalt herrühren. Vollkommen bewiesen wurde dieses durch Eingiessen einer solchen concentrirten Sulfatlösung in viel heisses Wasser, wobei sich basisches Cero-Cerisulfat abschied, welches letztere in Oxalat verwandelt, die dem Ceroxalat beim Glühen eigne Zersetzungsweise und Farbe zeigte. Ceroxalat unterscheidet sich nämlich dadurch auch vom Lanthan- und Didymoxalat, dass es schon bei geringer Glühhitze unter raschem Verglimmen zu Cero-Cerioxyd wird, während Lanthan- und Didymoxalat hierbei erst in Carbonat und dann erst bei stärkerer Glühhitze in Oxyd übergehen. Der Grund, weshalb die besprochene Trennungsmethode nicht zu reinen Lanthan- und Didympräparaten führen kann, liegt in der leichten Reducirbarkeit des Cero-Cerihydroxyds durch die freiwerdende Essigsäure. Versetzt man z. B. eine Lösung von Cero-Cerisulfat mit Natriumacetat, so wird die gelbe Farbe sofort durch eintretende Reduction des Cero-Cerioxydes zu Cerooxyd verschwinden oder doch heller werden.

Aus dem Gegebenen folgt, dass die Popp'sche Methode durchaus nicht reine Lanthan- und Didympräparate, wohl aber reines Cer liefern kann. Da jedoch die ältere Trennungsweise durch Ausfällung des Cers als basisches Cero-Cerisulfat denselben Erfolg hat und überdies mancherlei Unbequemlichkeiten, wie Filtriren durch den Wasserbadtrichter, Auswaschen mit verdünntem Natriumacetat ersparen lässt, so wird man letzterer immer den Vorzug geben. Ich bemerke hier nur noch zur Berichtigung der Popp'schen Angaben, dass der bei der Trennung erhaltne Niederschlag nicht aus Cersuperoxyd, sondern aus einem basischen Acetat besteht, dessen Eigenschaften und Zusammensetzung ich unter der Rubrik »Basische Salze des Cers« beschreiben werde.

Ich kehrte nach diesen Versuchen zu der ältern Trennungsmethode zurück und habe bei Darstellung reiner Cerpräparate, wie folgt, verfahren. Der feingeriebene Cerit wurde mit concentrirter Schwefelsäure

zu einem dünnen Brei eingerührt an einen warmen Ort gestellt. Nach wenigen Stunden war die Masse zu einem weissen Pulver geworden, welches gelinde geglüht und mit viel salpetersäurehaltigem Wasser so lange ausgekocht wurde, bis eine Probe des Rückstandes mit verdünnter Salpetersäure gekocht, keine Fällung mit Oxalsäure gab. Die so erhaltene, abfiltrirte Lösung wurde mit Schwefelwasserstoff behandelt, wieder von den gefällten Schwefelmetallen abfiltrirt, mit noch etwas Salzsäure versetzt und durch Oxalsäure ausgefällt. Bunsen und Jegel [1]) fügen zu den so gewonnenen Oxalaten eine gleiche Menge Magnesia alba, mit welcher innig gemischt die Oxalate unter Luftzutritt stark geglüht werden. Bunsen führt als Grund der Anwendung der Magnesia die Thatsache an, dass Manganoxydul mit Magnesia oder Zinkoxyd geglüht in Oxyd übergeht, und aus der grossen Aehnlichkeit der Ceroxydationsstufen mit denen des Mangans schloss er auf ein ähnliches Verhalten des Cers.

Als ich mir zum ersten Male Material schaffte, behielt ich die Anwendung der Magnesia alba bei, fand aber, dass die Magnesia sich später sehr schwer und nur durch wiederholtes Ausfällen der Lösungen unter gehörigem Salmiakzusatze entfernen lasse. Dieses, sowie die Thatsache, dass die Oxydation des Cers bei gehörigem Glühen auch ohne Anwendung der Magnesia alba leicht erreicht wird, liess mich ganz von Anwendung der Magnesia absehen. Die Oxalate wurden für sich in einer flachen Platinschale unter fleissigem Umrühren, sodass jedes Theilchen mit dem Sauerstoff der Luft in Berührung kommen konnte, portionenweise geglüht, in mässig concentrirter Salpetersäure gelöst, die überschüssige Säure durch Eindampfen bis zur Syrupdicke abgeraucht und nun in viel kochendes mit Schwefelsäure versetztes Wasser gegossen, wodurch sich der grösste Theil des Cers als basisches Cero-Cerisulfat abscheidet. Auf 30 Gramm geglühte Oxyde wandte ich 6 Kilogramm mit 24 Gramm Schwefelsäure versetztes Wasser an. Die von mir aus dem Cerit erhaltenen gemischten Oxyde enthielten nämlich nach einer ungefähren quantitativen Bestimmung zur Hälfte Cero-Ceri-oxyd, hiernach berechnete ich die nöthige Schwefelsäuremenge. Das erhaltne basische Cero-Cerisulfat wurde so lange mit heissem Wasser ausgewaschen, bis das Waschwasser mit Oxalsäure keine Trübung mehr gab. Das Filtrat, welches jetzt nur wenig Cer mehr enthielt, wurde wieder mit Oxalsäure ausgefällt, die Oxalate geglüht, mit sehr verdünnter Salpetersäure (1 Th. Salpetersäure : 100 Th. Wasser) digerirt, das zurückbleibende Cero-Cerioxyd abfiltrirt, die Lösung wieder in Oxyde übergeführt, mit verdünnter Salpetersäure behandelt und dieses Verfahren

1) Bunsen, Ann. 105, 40. Jegel, Journ. f. pract. Chemie 78, 200.

Digitized by Google

so lange wiederholt, bis die Oxyde keine Spur eines Rückstandes beim Lösen in sehr verdünnter Salpetersäure hinterliessen.

II. Ueber die Trennung des Lanthans vom Didym.

Die Trennung dieser beiden Metalle ist schon seit langer Zeit von verschiedenen Forschern bearbeitet, und verschiedene Methoden sind dafür in Vorschlag und Anwendung gebracht worden. Ich erwähne hier nur in der Kürze einiger Trennungsweisen. MOSANDER[1]) benutzte zuerst die verschiedne Löslichkeit der Sulfate zur Trennung durch wiederholte partielle Krystallisation. HERMANN[2]) ergänzte diese Methode auf folgende Weise. Er fällte eine noch nicht vollkommen reine Lanthan- resp. Didymlösung theilweise durch Ammoniak aus und liess den Niederschlag einige Zeit unter öfterm Umrühren bei gelinder Wärme mit der übrigen Lösung zusammen. War hierbei eine noch didymhaltige Lanthanlösung in Anwendung gekommen, so fällte das im Niederschlag befindliche Lanthan als stärkere Basis das noch in Lösung befindliche Didym aus. Im andern Falle, bei noch lanthanhaltigen Didymlösungen wurde der grösste Theil der Lösung ausgefällt und durch Zusammenstehen das noch im Niederschlage befindliche Lanthan in Lösung gebracht und so der Niederschlag lanthanfrei erhalten.

Auch MARIGNAC[3]) hat zum Zwecke einer bessern Trennungsmethode vielfache Versuche angestellt, ohne zu einem gewünschten Resultat zu gelangen. Nur folgende 2 Thatsachen erwähnt er:

1) Bei Behandlung der gemischten geglühten Oxyde mit einer unzureichenden Menge sehr verdünnter Salpetersäure geht Lanthanoxyd als stärkere Basis zuerst in Lösung.

2) Ferner scheidet sich beim Erkalten einer heiss bereiteten Lösung von Didym- und Lanthanoxalat in mässig concentrirter Salpetersäure Didymoxalat als schwerlöslicher zuerst aus. Dieser verschiedene Löslichkeitsgrad der Oxalate in Säuren ist nun neuerdings von ZSCHIESCHE[4]) zur Trennung benutzt worden.

Ich habe sowohl die MOSANDER'sche Krystallisationsmethode, als auch das von ZSCHIESCHE gegebene Verfahren versucht, fand aber beide ziemlich zeitraubend und umständlich. Ich theile folgende Versuche mit, die ich behufs der Trennung anstellte, und die mich schliesslich zu der von mir benutzten Trennungsweise führten.

1) Pogg. Ann. 47, 207 u. 56, 504.
2) Journ. f. pr. Chemie 82, 385.
3) Ann. d. Ch. u. Ph. 71, 306.
4) Journal f. pr. Ch. 107, 2.

Digitized by Google

1) Das Lanthanoxyd zieht bekanntlich an der Luft leicht Kohlensäure an, letztere Eigenschaft, sowie die relativ grössere Schwerlöslichkeit des Sulfates, ferner die stärkere Affinität giebt dem Lanthan einige Aehnlichkeit mit Kalk. Vielleicht konnte dasselbe wie der Kalk ein lösliches saures Carbonat bilden. Beim Glühen der gemischten Oxalate über einer gewöhnlichen BUNSEN'schsn Gasflamme bildet sich nun einerseits das braune Didymoxyd, andererseits Lanthancarbonat, erst bei stärkerer Gebläsehitze gehen beide in Oxyd über. Ein solches über einer gewöhnlichen Gasflamme geglühtes Gemenge wurde mit viel Wasser übergossen, und in dieses unter öfterm Umrühren der Oxyde einige Stunden lang Kohlensäure eingeleitet. Ich hoffte, dass sich hierbei saures lösliches Lanthancarbonat bilden und das Didymoxyd zurückbleiben würde.

Als das Filtrat behufs Zersetzung des möglicherweise gebildeten sauren Lanthancarbonats gekocht wurde, entstand zwar eine Trübung, doch zu unbedeutend, um der angewandten Oxydmenge entsprechen zu können. Auch auf Zusatz von Ammoniumoxalat blieb es bei einer geringen Trübung.

2) Die beiden folgenden Versuche basiren auf der relativ stärkern Affinität des Lanthans. Schon MARIGNAC[1] hatte darauf aufmerksam gemacht, dass beim Lösen der gemischten Oxyde in sehr verdünnter Salpetersäure zuerst Lanthan in Lösung geht.

Vielleicht konnte bei Anwendung einer noch schwächern Säure auf diese Weise ein günstiges Resultat erzielt werden. Ich versuchte es mit verdünnter schwefliger Säure. Kleine Portionen über einer BUNSEN'schen Gaslampe gleichmässig geglühter und feinzertheilter Oxyde wurden in der Kälte (in einem Gefässe mit Wasser von 0°) unter fortwährendem Umschütteln mit zur vollkommenen Lösung unzureichender Menge sehr verdünnter schwefliger Säure behandelt. Das in Lösung gegangne Oxyd wurde durch Oxalsäure ausgefällt, geglüht und gab ein entschieden helleres Oxyd. Ich erwähne hier nochmals, dass Lanthanoxalat über einer gewöhnlichen Gasflamme geglüht, w e i s s e s Carbonat, Didymoxalat dagegen b r a u n e s Didymoxyd giebt. Diese Farbenunterschiede wurden als vorläufiges Criterium für die relative Zusammensetzung der erhaltnen Oxydproben benutzt. Durch partielle wiederholte Behandlung der Oxyde mit verdünnter schwefliger Säure können also wohl reine Präparate erhalten werden. Diese Trennungsweise wurde nicht weiter ausgeführt, weil ich durch folgende Versuche auf noch günstigere Resultate geführt wurde.

---

1) Annalen d. Chem. u. Ph. 71, 306.

HERMANN[1]) fällte, wie bereits oben erwähnt, die noch nicht vollkommen reinen Lösungen theilweise durch Ammoniak aus und erhielt auf diese Weise reine Präparate. Von dieser Thatsache ausgehend, wurde eine Lösung der gemischten Oxyde durch Ammoniak zur Hälfte ausgefällt, der Niederschlag abfiltrirt, ausgewaschen und mit der noch übrigen Lösung einen Tag lang unter öfterm Umrühren bei Zimmertemperatur zusammenstehen gelassen. Aus dem Filtrat wurde ein bedeutend helleres Oxyd erhalten, Lanthan war also als stärkere Basis vorwiegend in Lösung gegangen. Das Filtrat wurde nochmals zur Hälfte ausgefällt und wie oben behandelt. Schon nach dieser zweimaligen Behandlung wurde eine Lanthanlösung erhalten, an der man mit blossem Auge keinen röthlichen Ton mehr erkennen konnte, und die selbst vor dem Spectroskop die für Didymlösungen so äusserst charakteristischen Absorptionsstreifen nur sehr schwach zeigte. Diese letztern Spectrallinien sind ein äusserst feines Erkennungszeichen für Didym. ZSCHIESCHE[2]) erwähnt, dass eine Lanthanlösung, welche $^1/_{28000}$ Didymoxyd enthält, noch einen Absorptionsstreifen zeigt. Zur Prüfung der erhaltenen Lanthanlösungen wurden diese in einer 30 Centimeter langen Schicht vor dem Spectroskop beobachtet und erst dann, wenn keine Linie mehr zu erkennen war, als didymfrei betrachtet. Die erhaltenen Lanthanlösungen wurden immer wieder zur Hälfte ausgefällt und wie oben behandelt. Nach einer solchen viermaligen Behandlung gab eine 30 Centimeter lange Schicht von Lanthanlösung keine Absorptionsstreifen mehr. In gleicher Weise wurden die erhaltnen didymreichen Lösungen behandelt, die Mittelglieder wurden immer wieder zusammen gegeben und für sich getrennt. Zur Veranschaulichung des Verfahrens kann folgendes Schema dienen, und zwar bezeichnen die steigenden Zahlenwerthe die grössere Reinheit der betreffenden Gemische, die nicht mit Zahlen bezeichneten Mitglieder wurden vereinigt für sich getrennt.

La Di

^{2}La Di La Di^2

^{3}La Di La Di La Di La Di^3

^{4}La Di La Di etc. La Di La Di^4

Nach der Farbe der erhaltenen Glieder und mit Hülfe des Spectroskops wird jeder, der diese Trennungsweise benutzen will, den vor-

1) Journal f. pr. Chemie 82, 385.

2) Journal f. pr. Chemie 104, 474.

herrschenden Didym- resp. Lanthangehalt ermessen und demgemäss zweckmässig bei Zusammenstellung der einzelnen Glieder verfahren können.

Für Reinheit der Lanthanlösungen besitzen wir ein äusserst scharfes Criterium in den erwähnten Absorptionsstreifen, schwieriger verhält es sich mit Didymlösungen, hier mangelt uns noch eine bestimmte Reaction auf Lanthangehalt. Für lanthanfrei habe ich eine Didymlösung betrachtet, welche zum grössten Theil durch Ammoniak ausgefällt und wie oben behandelt, keine Verschiedenheit der Farbe und des Mischungsgewichts der aus dem Niederschlage und aus dem Filtrat erhaltnen Oxyde ergab. Obgleich die Differenz der Mischungsgewichte von Lanthan uud Didym (90 u. 95) nur gering ist, so ist immerhin die Mischungsgewichtsbestimmung, in Ermanglung einer sichern Reaction auf Lanthan, wichtig zur Reinheitsbestimmung des Didyms, sofern sie nur mit gehöriger Sorgfalt ausgeführt wird.

Von dem erhaltnen Didym- und Lanthanoxyd, welches auf unten beschriebene Weise auch von Yttererde gereinigt war, wurden vom Sulfat ausgehend einige Mischungsgewichtsbestimmungen auf folgende Weise ausgeführt. Das Sulfat der beiden Oxyde wurde im Wasserbade auskrystallisiren gelassen, die wasserhaltigen Krystalle über einer kleinen Flamme entwässert, als wasserfreies Sulfat gewogen, in Wasser gelöst, durch Ammoniumoxalat gefällt, das Oxalat getrocknet, zuerst über einer gewöhnlichen Gasflamme und dann über der Gebläseflamme heftig bis zum constanten Gewicht geglüht und als Oxyd gewogen. Ich bemerke hier, dass der Platintiegel nach dem Glühen nochmals gewogen wurde, um etwaige Glühverluste in Rechnung zu bringen. Im Filtrat wurde auf gewöhnliche Weise die Schwefelsäure bestimmt. Das hierbei erhaltene Baryumsulfat wurde stark geglüht, mit Salzsäure behandelt, um das etwa mitgefallene Baryumoxalat zu entfernen, abfiltrirt, getrocknet und nun erst gewogen. Im andern Falle bestimmte ich die Schwefelsäure, indem ich die stark angesäuerte Lösung des Sulfats durch Chlorbaryum fällte. Aus der entweder direct gefundenen oder aus dem Verlust berechneten Schwefelsäuremenge ergab sich nach ihrem bekannten Mischungsgewicht das des Lanthans resp. Didyms.

1) Lanthan-Mischungsgewichtsbestimmung.

a) 0,474 gr. SO^4La gaben 0,2705 gr. LaO, die Schwefelsäure aus dem Verlust berechnet = 0,2035 gr. SO^3.

b) 0,7045 gr. SO^4La gaben 0,8815 gr. SO^4Ba^2 = 0,3027 gr. SO^3 und 0,4018 gr. LaO.

Mischungsgewichtsrelationen:

Ad a) 0,2035 gr. SO^3 : 0,2705 gr. LaO = 80 : 106,34, demnach La = 90,34.

Ad b) 0,3027 gr. SO^3 : 0,4018 gr. LaO = 80 : 106,18, demnach La = 90,18.

2) Didym-Mischungsgewichtsbestimmungen.

a) 0,556 gr. SO^4Di gaben 0,323 gr. DiO, demnach 0,233 gr. SO^3.
b) 0,674 - SO^4Di - 0,3915 - DiO, - 0,2825 - SO^3.
c) 0,7065 - SO^4Di - 0,859 - SO^4Ba^2 = 0,2949 - SO^3 und 0,4116 gr. DiO.

Mischungsgewichtsrelationen:

Ad a) 0,233 gr. SO^3 : 0,323 gr. DiO = 80 : 110,9; Di = 94,9.
b) 0,2825 - SO^3 : 0,3915 - DiO = 80 : 110,86; Di = 94,86.
c) 0,2949 - SO^3 : 0,4116 - DiO = 80 : 111,64; Di = 95,64.

Diese Mischungsgewichtsbestimmungen kommen mit den von Zschiesche[1]) ausgeführten überein, welcher für Lanthan aus 6 Analysen das Mischungsgewicht 90,18,, für Didym aus 5 Analysen die Werthe 93—96,16 berechnet. Bei Didym erwähnt aber Zschiesche ausdrücklich, dass das wahre Mischungsgewicht den höchsten der gefundnen Zahlen am nächsten liege. Die Eigenschaften der Oxyde sind schon von Zschiesche erörtert worden, ich begnüge mich daher zu erwähnen, dass ich dessen Angaben bestätigen kann.

III. Ueber das Absorptionsspectrum der Didymlösungen.

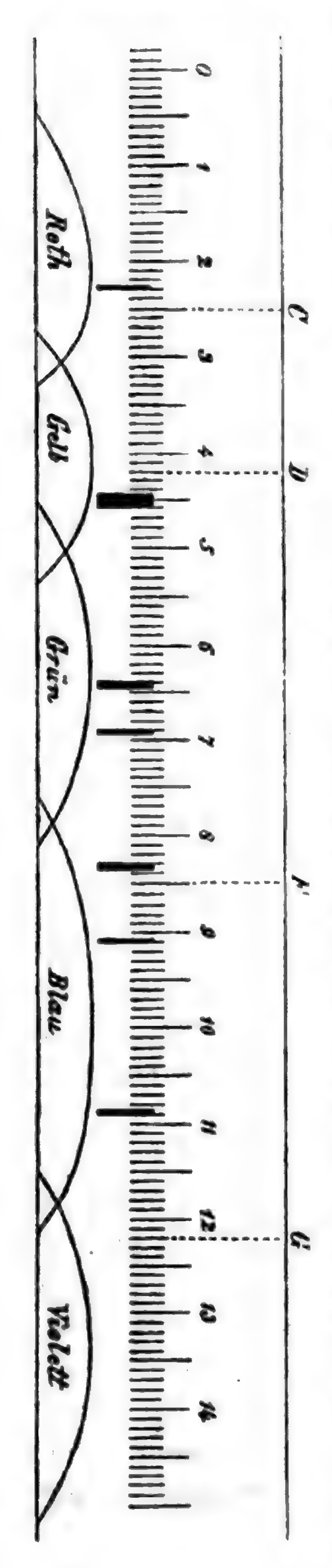
Auf umstehender Tafel habe ich das Absorptionspectrum einer circa 4 Centimeter langen Schicht von concentrirter reiner Didymnitratlösung gezeichnet. Die über der Scala befindlichen grossen Buchstaben bezeichnen die entsprechenden Fraunhofer'schen Linien. Darnach fällt 42 der Scala mit der Linie *D* zusammen. Je geringer der Didymgehalt der spectralanalytisch beobachteten Lösung, desto weniger dunkle Linien sind zu bemerken. Bei sehr verdünnten Lösungen ist nur der Streifen auf 45 im Gelb und der auf 64 im Grün zu sehen, von diesen beiden ist ersterer aber wieder der stärkste. Die beiden letzterwähnten Absorptionsstreifen kommen vorzugsweise bei der Trennung des Lanthans und Didyms in Betracht.

Bunsen und Bahr[2]) haben schon früher das Spectrum gezeichnet und auf die Scale bezogen, welche den in Poggendorff's Annalen

---

1) Journal f. pr. Chemie 104, 174 u. 107, 2.
2) Ann. d. Ch. u. Ph. 137.

Band 119 enthaltnen Spectrentafeln und den grossen farbigen Tafeln von Lenoire zu Grunde liegt. Bei dieser Scala coindicirt die Linie *D* des Sonnenspectrums mit 50 der Scala. Reduciren wir das Bunsen'sche Spectrum auf die von mir benutzte Scale, so fallen beide Spectren im wesentlichen zusammen, nur hat Bunsen im Roth zwischen Linie 23 und 45 noch einige schwächere Linien gezeichnet, welche ich jedenfalls der geringeren Schärfe des von mir benutzten Apparates halber nicht bemerken konnte.



IV. Ueber die Trennung der Yttererde von Lanthan- und Didymoxyd.

Die bei obiger Trennungsweise erhaltenen äussersten Didymglieder zeigten als Oxyd eine wieder etwas hellere, mehr rostgelbe Farbe, gaben ferner auch ein niedrigeres Mischungsgewicht. Vielleicht war Yttererde beigemischt, welche von mehreren Forschern im Cerit gefunden worden ist, eine helle Farbe und ein niedrigeres Mischungsgewicht besitzt. Ich hatte nämlich auf Yttererde deshalb keine Rücksicht genommen, weil ich bei der ersten Darstellung der Ceritoxyde trotz der Trennung mit Natriumsulfat [1]), wie solche bei Gegenwart von Yttererde vorgeschrieben ist, keine Yttererde gefunden hatte. Auch Zschiesche scheint auf Yttererde keine Rücksicht genommen zu haben. Nach den oben erwähnten Resultaten wurden die äussersten Didymglieder in Salpetersäure gelöst, das Didymoxyd durch Natriumsulfat als Doppelsulfat gefällt und auf diese Weise ein bedeutend helleres rostgelbes Oxyd aus dem Filtrat erhalten. Die aus verschiedenen Didymoxydmengen durch Wiederholung der Ausfällung mit Natriumsulfat erhaltenen Oxydmengen wurden gleichfalls zur möglichsten Entfernung des Didymoxydes wiederholt mit Natriumsulfat

1) Berzelius, Trennung der Yttererde von den Ceritoxyden, Lehrbuch B. II.

Digitized by Google

behandelt und gaben schliesslich ein hellgelbes Oxyd, ungefähr von der Farbe des Cero-Cerioxyds. Das so gereinigte Oxyd wurde zum Zwecke der Mischungsgewichtsbestimmung in Sulfat verwandelt, dieses im Wasserbade auskrystallisiren gelassen, über einer kleinen Flamme entwässert und wie oben bei Lanthan- und Didymsulfat angegeben analysirt.

0,5265 gr. wasserfreies Sulfat gaben 0,2875 gr. Oxyd, demnach 0,239 gr. SO^3.

Mischungsgewichtsrelation: 0,239 gr. SO^3 : 0,2875 gr. Oxyd = 80 : 96,22.

Die zu dieser analysirten Probe gehörige Oxydmenge wurde nochmals wie oben mit Natriumsulfat behandelt, das so gereinigte Oxyd in Salzsäure gelöst, durch Oxalsäure gefällt, das Oxalat gut ausgewaschen und als lufttrocknes Oxalat zu einer Mischungsgewichtsbestimmung auf folgende Weise analysirt. Das bis zum constanten Gewicht lufttrockene Oxalat wurde bis zum constanten Gewicht bei 100° getrocknet. Das so getrocknete Oxalat wurde nun in einem Verbrennungsrohr im Sauerstoffstrom mit vorgelegtem Kupferoxyd verbrannt und die Verbrennungsproducte im Chlorcalciumrohr und Kaliapparat aufgefangen. Der im Platinschiffchen verbleibende, aus Oxyd bestehende Rückstand wurde nochmals vor dem Gebläse stark geglüht und gewogen.

0,7255 gr. lufttrocknes Oxalat gaben bei 100° 0,1085 gr. Wasser. 0,617 gr. bei 100° getrocknetes Oxalat gaben beim Verbrennen 0,095 gr. Wasser, ferner 0,2965 gr. Kohlensäure und 0,298 gr. Oxyd.

2 Mischungsgewichte Kohlensäure entsprechen 1 Mischungsgewicht wasserfreigedachter Oxalsäure (C^2O^3) d. i. 88 : 72 = 0,2965 gr. Kohlensäure: 0,2426 gr. C^2O^3.

Aus dem bekannten Mischungsgewicht der Oxalsäure berechnet sich das Mischungsgewicht des Oxydes auf folgende Weise:

$$0{,}2426 \text{ gr. } C^2O^3 : 0{,}298 \text{ gr. Oxyd} = 72 : 88{,}44.$$

Nehmen wir für Yttererde die Formel $\overset{I}{Y}{}^2O$ an, so ergiebt sich hieraus für Yttrium das Mischungsgewicht 36,44, für das weniger reine, oben analysirte das Mischungsgewicht 40,11. Das Mischungsgewicht des Yttriums wurde von Bahr und Bunsen[1]) zu 30,85, von Delafontaine[2]) zu 32, von Popp[3]) zu 34 bestimmt.

Die von mir erhaltene Yttererde war aber noch didymhaltig, da ihre Lösungen vor dem Spectroskop die beiden, den Didymlösungen eignen Absorptionslinien auf 45 im Gelb und auf 64 im Grün zeigten (siehe oben Didymspectrum). Von diesem Didymgehalt rührt offenbar

1) Ann. d. Ch. u. Ph. 137. 2) Ebend. 134. 3) Ebend. 131.

das höhere Mischungsgewicht her, welches sich aus meinen Resultaten berechnet. Die erhaltene Yttererde war ein zartes, hellgelbes Pulver. Ihr Oxalat verglimmte beim Glühen rasch und ähnlich wie das Ceroxalat zu Oxyd.

Zur Trennung der Ceritoxyde von Yttererde schlage ich folgenden Weg vor. Nachdem alles Cer, sowie der grösste Theil des Lanthan nach obiger Trennungsmethode entfernt worden ist, werden die Didymoxyde in Salpetersäure gelöst und mit nicht zu concentrirter Natriumsulfatlösung gekocht. Alle Ceritoxyde bilden nämlich mit Natriumsulfat sehr schwerlösliche Doppelsulfate, während das Doppelsalz mit Yttererde viel leichter löslich ist. Sowohl die in Lösung gebliebenen Oxyde, als auch das als Doppelsulfat ausgefällte Didymoxyd werden wiederholt mit Natriumsulfat behandelt und auf diese Weise wird einestheils Didymoxyd, anderntheils Yttererde erhalten.

Die Yttererde findet sich, nachdem Lanthan und Didym getrennt sind, nur bei den Didymgliedern und zwar in relativ grösserer Menge bei den äussersten Didymgliedern vor, was ihre geringere Affinität beweist. Dieses widerspricht ganz und gar den Popp'schen [1]) Angaben über eine Trennungsmethode, welche derselbe mit Baryumcarbonat ausgeführt haben will, indem er eine gemischte Lösung von Yttererde und Ceritoxyden mit Baryumcarbonat zusammenstellt. Hierbei soll Yttererde in Lösung bleiben, Didymoxyd und Ceroxyd gefällt werden. Ich habe diese Trennung mit Baryumcarbonat versucht, fand aber, dass die im Filtrat gebliebenen Oxyde keine andere Zusammensetzung zeigten, als die im Niederschlage befindlichen.

Ferner vindicirt Popp den Yttererdelösungen ein eigenthümliches Absorptionsspectrum. Bunsen und Bahr [2]) dagegen haben bei Yttererdelösungen kein Spectrum bemerkt. Auch meine Yttererdelösung zeigte, da sie noch didymhaltig war, nur zwei den Didymlösungen eigene Absorptionsstreifen im Gelb und Grün. Die Angaben von Popp sind darnach also gewiss unrichtig.

V. Ueber die Zusammensetzung des Ceroxyds.

1. Cero-Cerioxyd.

Ueber die Zusammensetzung des Ceroxyds bestehen sehr widersprechende Angaben. Rammelsberg [3]), Bunsen [4]), Marignac [5]) nehmen

1) Annal. d. Ch. u. Ph. 131. 2) Ebend. 137. 3) Pogg. Ann. 108. 4) Ann. d. Ch. u. Ph. 105. 5) Journal f. pr. Chemie 48.

Digitized by Google

auf Grund ihrer Untersuchungen an, dass das durch Glühen von Cerooxalat, Cernitrat, Cero-Cerihydroxyd erhaltene Oxyd der Formel Ce^3O^4 entspreche, HERMANN [1]) dagegen nimmt für das geglühte Ceroxalat und Cero-Cerihydroxyd die Zusammensetzung Ce^2O^3, für das geglühte Cernitrat und das im Sauerstoff geglühte Oxalat dagegen die Zusammensetzung Ce^5O^8 an. Die Methode der Sauerstoffbestimmung ist verschieden bei den genannten Forschern. RAMMELSBERG verbrannte in acht Versuchen Ceroxalat im Sauerstoffstrome und bestimmte hierbei aus der gefundenen Kohlenstoffmenge die im Oxalat enthaltene Cermenge. Aus dieser berechneten Cermenge und der erhaltenen Ceroxydmenge ergiebt sich aus der Differenz der Sauerstoffgehalt des Oxydes. Diese acht Versuche ergaben für letzteres 18,2 — 20,4 Proc. Sauerstoff, während die Formel Ce^3O^4 18,8 Proc., Ce^2O^3 dagegen 23,02 Proc. Sauerstoff verlangt. BUNSEN bestimmte den Sauerstoffgehalt jodometrisch. Die Zusammensetzung des geglühten Oxalates berechnete sich nach seinen Bestimmungen in drei Versuchen wie folgt:

	Gefunden:			Berechnet Ce^3O^4:
Ce =	80,99	80,99	80,83 Proc.	81,21 Proc.
O =	19,01	19,01	19,17 -	18,79 -

HERMANN bestimmte den Cergehalt des Oxydes, indem er dasselbe in Cerosulfat überführte, als solches wog und aus der bekannten Zusammensetzung des Cerosulfats den Cergehalt berechnete. Aus der Gewichtsdifferenz der angewandten Oxydmenge und der berechneten Cermenge ergab sich der Sauerstoffgehalt des Oxyds. 100 Theile SO^4Ce entsprechen nach seinen Versuchen 61,128 — 61,628 Theilen Oxyd.

Das geglühte Nitrat verliert nach HERMANN beim Lösen in concentrirter Schwefelsäure 8,28 Proc. Sauerstoff, ebenso das im Sauerstoff geglühte Oxyd, beide erhalten daher, wie oben bemerkt, die Formel Ce^5O^8.

Ich habe eine Reihe von Versuchen über die Zusammensetzung der auf verschiedene Weise erhaltenen Oxyde gemacht und theile folgende Resultate mit.

Ich bestimmte, wie HERMANN, den Cergehalt. Die gewogenen Oxyde wurden in einem schiefgelegten, in einem kleinen Sandbade befindlichen Porzellan- oder Platintiegel mit concentrirter reiner Schwefelsäure zersetzt. Nachdem die überschüssige Säure vorsichtig abgeraucht und das gebildete Cero-Cerisulfat trocken geworden war, wurde letzteres über einer kleinen Flamme bis zum schwachen Glühen des Tiegelbodens erhitzt. Hierdurch geht das Cero-Cerisulfat unter

1) Journ. f. pr. Chemie 92, 113.

Schwefelsäure- und Sauerstoffverlust in Cerosulfat (SO^4Ce) über. Dieses wurde wiederholt erhitzt bis zum constanten Gewicht und aus letzterem der Cergehalt berechnet. Das Cerosulfat wurde in Wasser gelöst, um sicher zu sein, dass alles Oxyd zersetzt war. In einigen Fällen blieb ein geringer Rückstand von noch unzersetztem Ceroxyd, welcher abfiltrirt, gewogen und bei der Berechnung in Abzug gebracht wurde.

1. Ceroxyd, durch Glühen des Cero-Cerihydroxyds erhalten:

a)	0,314 gr. Oxyd gaben	0,518 gr. SO^4Ce	= 0,2535 gr.	= 80,73	% Ce
b)	0,380 - - -	0,629 - -	= 0,3078 -	= 81,00	- -
c)	0,475 - - -	0,793 - -	= 0,388 -	= 81,68	- -

2. Ceroxyd, durch Glühen des Cernitrats erhalten:

a)	0,379 gr. Oxyd gaben	0,629 gr. SO^4Ce	= 0,3078 gr.	= 81,21	% Ce
b)	0,712 - - -	1,177 - -	= 0,576 -	= 80,9	- -

3. Ceroxyd, durch Glühen des Ceroxalats erhalten:

a)	0,204 gr. Oxyd gaben	0,336 gr. SO^4Ce	= 0,1644 gr.	= 80,58	% Ce
b)	0,313 - - -	0,517 - -	= 0,253 -	= 80,83	- -

Die Formel Ce^3O^4 verlangt 81,18 % Ce
- - Ce^2O^3 - 79,31 - - .

Diese Resultate stimmen mit den von Bunsen, Marignac und Rammelsberg erhaltenen überein. Sie beweisen auf's neue, dass es ein Ce^2O^3 nicht giebt und noch weniger ein Ce^5O^8, als welches Hermann das nach dem Glühen des Nitrats erhaltene Oxyd bestimmt hat.

Es bleibt mir nun noch übrig, das Verhalten und die Zusammensetzung des im Sauerstoff geglühten Ceroxydes zu beschreiben.

a) Geglühtes Ceroxalat wurde eine Stunde lang in einem schwer schmelzbaren Glasrohre im Sauerstoffstrome der heftigsten Hellrothgluth ausgesetzt und die Sauerstoffbestimmung wie oben ausgeführt.

0,481 gr. im Sauerstoff geglühtes Oxyd gaben 0,7945 gr. SO^4Ce entspr. 0,3888 gr. = 80,83 % Ce.

b) Eine andere Oxydmenge wurde eine Stunde lang im Sauerstoffstrome schwach geglüht.

0,605 gr. Oxyd gaben 0,998 gr. SO^4Ce entspr. 0,4884 gr. = 80,79 Proc. Ce.

Auch Rammelsberg hat das Oxyd im Sauerstoff geglüht und stellt dafür die Formel $Ce^{12}O^{17}$ auf, sagt aber selbst, dass es wohl keine bestimmte Verbindung sei. Ein Cersuperoxydul, Ce^5O^8, wird also weder aus dem Nitrat, noch durch Glühen des Oxyds im Sauerstoff erhalten. Auf die Eigenschaften des Ceroxyds weiter einzugehen ist wohl hier überflüssig, da sie vielfach von andern schon erörtert sind.

Rammelsberg hat ferner versucht, durch Schmelzen von Ce^3O^4 mit Kaliumhydroxyd und Kaliumchlorat eine höhere Oxydationsstufe darzustellen, ohne zu dem gewünschten Resultat zu kommen. Auch ich erzielte bei Wiederholung dieses Versuchs kein anderes Resultat. Ich hoffte ferner bei der Elektrolyse von Cerlösungen eine höhere Oxydationsstufe zu erhalten und habe deshalb eine Reihe von elektrolytischen Versuchen angestellt. Aber auch hier mangelte der gewünschte Erfolg, wie ich weiter unten zeigen werde.

2. Cero-Cerihydroxyd.

Rammelsberg [1]) bestimmte den Wassergehalt des Cero-Cerihydroxyds, welches er durch Zersetzung des basischen Cero-Cerisulfats mit Kaliumhydroxyd und Behandeln mit Chlor erhalten hatte. Er stellte dafür die Formel Ce^3O^4, $3H^2O$ auf. Ich habe den Wassergehalt des Hydroxyds auch bestimmt und gleiche Zusammensetzung gefunden. Reines basisches Cero-Cerisulfat wurde durch Kochen mit Aetzammoniak in Cero-Cerihydroxyd übergeführt, dieses abfiltrirt, mit heissem, ammoniakalischem Wasser ausgewaschen und noch nass unter eine gut schliessende Glocke mit Schwefelsäure und Aetzkalk zusammengestellt und getrocknet. Das Cero-Cerihydroxyd nimmt bekanntlich an der Luft leicht Kohlensäure auf, deshalb obige Vorsichtsmassregeln. Von dem so erhaltenen Hydroxyd, welches getrocknet gelblich-weisse Stücke bildete, wurden folgende Wasserbestimmungen gemacht, einmal direct durch Glühen, dann indirect durch Ueberführen in SO^4Ce.

1. Durch Glühen:

0,9765 gr.	Cero-Cerihydroxyd	gaben	0,1385 gr.	= 14,13 %	H^2O
0,676	– –	–	0,093 –	= 13,9	– –
0,690	– –	–	0,0965 –	= 13,98	– –

2. 0,444 gr. Cero-Cerihydroxyd gaben 0,624 gr. SO^4Ce, welche entsprechen 0,377 gr. Ce^3O^4. Die Differenz zwischen letzterem und der angewandten Substanz giebt den Wassergehalt = 0,067 gr. = 15,1 % H^2O.

Diese Resultate entsprechen der von Rammelsberg gefundenen Formel Ce^3O^4, $3H^2O$, welche 13,7 % H^2O verlangt. Die Constitution des Cero-Cerihydroxyds ist vielleicht $Ce^3O^6H^4 + H^2O$

$$= \overset{\text{III}}{\mathrm{Ce}} \begin{cases} \mathrm{O}\left[\overset{\text{III}}{\mathrm{Ce}}(\mathrm{OH})^2\right] \\ \mathrm{O}\left[\overset{\text{II}}{\mathrm{Ce}}(\mathrm{OH})\right] \\ \mathrm{OH} \end{cases} + H^2O.$$

1) Poggendorff's Ann. 108.

Digitized by Google

VI. Ueber den Wassergehalt des Ceroxalats.

Das Ceroxalat ist insofern von grosser Wichtigkeit, als seine Schwerlöslichkeit bei der Darstellung von Cerpräparaten aus Cerit benutzt wird. Ferner dient es zur Darstellung des Oxyds und wird bei quantitativen Cer-Bestimmungen dargestellt. Auch hat man es vor nicht langer Zeit als Arzneimittel vorgeschlagen[1]). Die Eigenschaften desselben sind hinlänglich schon bekannt. Ich beschränke mich hier auf Feststellung des Wassergehaltes. Letzterer ist von verschiedenen Forschern verschieden bestimmt worden. Rammelsberg[2]) hat das »sorgfältig getrocknete« Ceroxalat als $C^2O^4Ce + 3H^2O$ bestimmt, Kjerulf[3]) stellt dafür die Formel $C^2O^4Ce + H^2O$ auf, doch haben beide Forscher nicht erwähnt, bei welchen Temperaturen sie das Oxalat getrocknet haben. Gibbs[4]) hält die bei 100° getrockneten gemischten Oxalate von Cer, Lanthan und Didym nach der Formel $C^2O^4Ce + 3H^2O$ zusammengesetzt und benutzt diese Formel bei quantitativen Cerbestimmungen.

Durch die nachfolgenden Untersuchungen habe ich gefunden, dass das lufttrockne Ceroxalat $4H^2O$ enthält, bei 100° aber drei Mischungsgewichte Wasser verliert, während das letzte Mischungsgewicht Wasser erst bei höherer Temperatur weggeht. Ueber Schwefelsäure verliert das lufttrockne Oxalat bis zu 3 Proc. Wasser.

Das zu folgenden Versuchen angewandte Ceroxalat stellte ich durch Fällen einer neutralen Cerosulfatlösung durch Oxalsäure dar. Das gefällte Oxalat wurde mit kaltem Wasser ausgewaschen und bei Zimmertemperatur bis zum constanten Gewicht getrocknet.

1. 1,261 gr. lufttrocknes Oxalat gaben bei 100° 0,265 gr. = 21,01 Proc. H^2O, was drei Mischungsgewichten = 21,4 Proc. Wasser entspricht.

2. 1,498 gr. verloren bei 100° 0,315 gr. = 21,03 Proc. H^2O.

Von dem bei 100° bis zum constanten Gewicht getrockneten Oxalat wurden zwei Bestimmungen in der Weise ausgeführt, dass dasselbe in einem sorgfältig getrockneten Verbrennungsrohr im Sauerstoff verbrannt und das Wasser in einem Chlorcalciumrohre aufgefangen wurde.

1. 1,032 gr. desselben gaben 0,096 gr. = 9,3 Proc. H^2O.
2. 0,849 - - - 0,082 - = 9,66 - -

Nach der Formel $C^2O^4Ce + H^2O$ berechnen sich 9,1 Proc. H^2O.

In zwei andern Versuchen wurde das bei 100° getrocknete Oxalat

1) Meyer, Vierteljahrschrift f. Pharm. IX, 404.
2) Pogg. Ann. 108, 44.
3) Ann. d. Ch. u. Ph. 87, 12.
4) Zeitschrift f. Chemie 1865, 15.

geglüht, das erhaltene Oxyd in SO^4Ce verwandelt, aus letzterem der Cergehalt, aus diesem das entsprechende wasserfreie Ceroxalat und aus der Differenz zwischen letzterem und der angewandten Ceroxalatmenge der Wassergehalt durch Berechnung gefunden.

1. 0,350 gr. bei 100° bis zum constanten Gewicht getrocknetes Oxalat gaben 0,336 gr. SO^4Ce entspr. 0,164 gr. Ce, welche verlangen 0,321 gr. C^2O^4Ce; die Differenz zwischen letzterem und dem angewandten Oxalat giebt den Wassergehalt = 0,029 gr. = 8,3 Proc. H^2O.

2. 0,5365 gr. gaben nach obiger Bestimmungsweise 0,514 gr. SO^4Ce entspr. 0,252 gr. Ce = 0,493 gr. C^2O^4Ce = 0,0435 gr. = 8,1 Proc. H^2O.

Bei einem Versuche, das Wasser aus dem Verlust beim Trocknen im Luftbade zu bestimmen, fand sich, dass das letzte Wasser nicht ohne Zersetzung des Salzes weggeht, indem bei einer Temperatur von 180° das Oxalat eine dunklere Färbung annimmt. Aus diesen Versuchen folgt, dass das lufttrockne Oxalat $4H^2O$, das bei 100° getrocknete Oxalat dagegen nur $1H^2O$ enthält. Es entspricht also ganz dem Didymoxalat, welches auch lufttrocken $4H^2O$, bei 100° getrocknet $1H^2O$ enthält.

VII. Ueber die Zusammensetzung des Cero-Cerisulfats.

Dieses Salz ist Gegenstand vielfältiger Untersuchungen gewesen, und so viele Forscher sich damit beschäftigt haben, so viele verschiedene Resultate und Formeln sind dafür aufgestellt worden. Zschiesche hat neuerdings schon ganz richtig nachgewiesen, dass die Verschiedenheit der aufgestellten Formeln ihre Begründung findet in einer wechselnden Zusammensetzung des Salzes. Man stellt gewöhnlich das Salz durch Lösen des Oxydes in concentrirter Schwefelsäure dar. Hierbei wird, je nach der Temperatur, ferner nach dem Verhältniss der angewandten Oxyd- und Schwefelsäuremenge ein bald mehr oder weniger grosser Theil des trivalenten Cers unter Sauerstoffverlust zu bivalentem Cer reducirt. Und hierin findet sich die Erklärung dafür, weshalb bei den meisten vorliegenden Formeln das Verhältniss zwischen bi- und trivalentem Cer nicht dem angewandten Cero-Cerioxyd = Ce^3O^4 entspricht. In diesem letzteren kommt ein bivalentes Cer auf zwei tri-

valente Cer = $\overset{III}{Ce}\begin{cases} \left.\begin{matrix} O \\ O \end{matrix}\right\} \overset{II}{Ce} \\ O(\overset{III}{Ce}O). \end{cases}$

Nur Rammelsberg fand dieses Verhältniss in dem aus einer Cero-Cerisulfatlösung zuletzt auskrystallisirenden gelben Salz. Man hat bisher immer unterschieden zwischen einem rothen zuerst auskrystalli-

Digitized by Google

sirenden und einem gelben zuletzt auskrystallisirenden Salz. Ueber die Einzelheiten, Unterschiede und Darstellungsweisen verweise ich auf RAMMELSBERG[1]), HERMANN[2]) und ZSCHIESCHE[3]). Was ferner noch zur Erklärung der variablen Zusammensetzung beiträgt, ist die äusserst leichte Reducirbarkeit des Salzes durch Staub, Papier etc. Nachstehend habe ich die verschiedenen Formeln zusammengestellt und vorzüglich das Verhältniss zwischen bi- und trivalentem Cer berücksichtigt.

			biv. : triv. Cer
RAMMELSBERG	fand für das rothe Salz	$3(\dot{C}e\dddot{S}) + \dddot{\overline{Ce}}\dddot{S}^3 + 18H^2O$	3 : 2 –
HERMANN	– – – – –	$2(\dot{C}e\dddot{S}^3) + \dddot{\overline{Ce}}\dddot{S}^3 + 27H^2O$	2 : 1 –
RAMMELSBERG	– – – gelbe –	$\dot{C}e\dddot{S} + \dddot{\overline{Ce}}\dddot{S} + 8H^2O$	1 : 2 –
HERMANN	– – – – –	$2(\dot{C}e^2\dddot{S}^3) + 3(\dddot{\overline{Ce}}\dddot{S}) + 42H^2O$	2 : 3 –
ZSCHIESCHE	– – – rothe –	$\dot{C}e^5\dddot{S}^6 + \dddot{\overline{Ce}}\dddot{S}^3 + 27H^2O$	5 : 2 –

RAMMELSBERG allein hat also in dem einen Fall dasselbe Verhältniss zwischen divalentem und trivalentem Cer gefunden, wie es im Ce^3O^4 existirt, doch macht ihm schon ZSCHIESCHE den Vorwurf, dass seine einzelnen Analysen sehr differiren, und dass er bei seinen Berechnungen die grössten gefundenen Werthe für den Sauerstoff und die Basis, und die kleinsten für die Säure zu Grunde gelegt hat. Dadurch dürfte die Existenz dieses Verhältnisses auch im gelben Salze bezweifelt werden. Jedenfalls beweist die schon erwähnte Thatsache, dass beim Lösen des Oxyds in concentrirter Schwefelsäure ein Theil des trivalenten Cers reducirt wird, dass die Basis des auf diese Weise gebildeten Cero-Cerisulfats nicht Ce^3O^4, sondern eine bald mehr oder weniger oxydulreichere Verbindung ist. Sehr wahrscheinlich war, dass man durch Lösen des mit Chlor behandelten Cero-Cerihydroxyds in verdünnter Schwefelsäure ein Cero-Cerisulfat erhalten konnte, welches oxydreicher war. Cero-Cerihydroxyd löst sich schon bei mässiger Wärme in verdünnter Schwefelsäure, es fallen also hier die Bedingungen weg, wie höhere Temperatur, concentrirte Säure, welche beim Lösen des Oxydes in concentrirter Schwefelsäure Reduction veranlassen. Von diesen Gesichtspunkten ausgehend habe ich Cero-Cerisulfat durch Lösen von mit Chlor behandeltem, gut ausgewaschenem Cero-Cerihydroxyd in verdünnter Schwefelsäure unter möglichster Abhaltung von Staub und andern reducirenden Einflüssen dargestellt.

Die Lösung wurde über Schwefelsäure zur Krystallisation gebracht. Die Krystalle hatten sich in traubigen, aus concentrisch krystallisirten

1) POGG. Ann. 108.
2) Journ. f. pr. Chemie 92.
3) ebend. 107, 2.

Kugeln bestehenden Massen abgeschieden und wurden auf einem porösen Stein von der anhängenden Mutterlauge befreit und getrocknet. Sie waren anfangs braun, beim Trocknen an der Luft wurden sie gelb. Das bis zum constanten Gewicht an der Luft getrocknete Salz wurde auf folgende Weise analysirt. Bei einer Partie wurde das bei 100° weggehende Wasser durch Trocknen im Luftbade bestimmt, das so getrocknete Salz gelöst, das Cer als Ceroxalat ausgefällt und dieses in Ce^3O^4 durch Glühen übergeführt. Im Filtrat wurde durch Chlorbaryum die Schwefelsäure bestimmt, und zwar wurde das erhaltene Baryumsulfat stark geglüht mit Salzsäure behandelt, um das etwa mitgefallene Baryumoxalat zu entfernen und hierauf erst gewogen.

0,6795 gr. lufttrocknes Cero-Cerisulfat gaben bei 100° 0,1525 gr. = 22,44 Proc. H^2O, ferner 0,2517 gr. Ce^3O^4 entspr. 0,2043 gr. = 30,07 Proc. Ce und 0,726 gr. SO^4Ba^2 entspr. 0,249 gr. = 36,64 Proc. SO^3 = 14,65 Proc. S.

In einem andern Versuche wurde das ganze Wasser durch Erhitzen des Salzes in einem Verbrennungsrohre mit vorgelegtem Bleichromat durch Auffangen in einem Chlorcalciumrohr bestimmt. Das in einem Platinschiffchen befindliche Cero-Cerisulfat ging hierbei unter Sauerstoff- und Schwefelsäureverlust in weisses Cerosulfat über und konnte, da durchaus nichts verloren worden war, als solches gewogen und daraus der Cergehalt berechnet werden.

0,5185 gr. lufttrocknes Salz gaben hierbei 0,1485 gr. = 28,64 Proc. H^2O, ferner 0,323 gr. SO^4Ce entspr. 0,158 gr. = 30,47 Proc. Ce.

Aus diesen durch die Analyse gefundenen Resultaten berechnet sich das Salz einer Di-Schwefelsäure, in welchem die Basis Ce^3O^4 ist, nämlich, wie folgende Zusammenstellung zeigt, die Formel: $S^4O^{16}Ce^3 + 14\,H^2O = \overset{4}{(SO^4)}\,\overset{III}{Ce^2}\overset{II}{Ce} + 14\,H^2O$.

	Gefunden:	Berechnet:
Ce	= 30,47 Proc.	30,26 Proc.
S	= 14,65 -	14,03 -
H^2O	= 28,64 -	27,63 -
O	= —	28,07 -

VIII. Ueber die basischen Salze des Cers.

1. Basisches Cero-Cerisulfat.

Basisches Cero-Cerisulfat wird bekanntlich durch Zersetzung des Cero-Cerisulfats mit viel Wasser erhalten. Aus der oben angeführten

Digitized by Google

wechselnden Constitution des letztern erklärt sich leicht, warum auch diesem basischen Salz von verschiedenen Forschern verschiedene Formeln beigelegt worden sind. Ich verweise hier auf die betreffenden Abhandlungen von Rammelsberg [1]), Marignac [2]) und Hermann [3]) und berücksichtige nur das Verhältniss des bivalenten zum trivalenten Cer bei den von genannten Forschern gefundenen Formeln.

	biv. : triv. Cer
Rammelsberg:	1 : 2
Marignac:	3 : 4
Hermann:	2 : 3
	1 : 2

Ich habe ebenfalls dieses basische Salz auf folgende Weise dargestellt und analysirt. Eine concentrirte neutrale Cero-Cerisulfatlösung (durch Lösen des Oxyds in concentrirter Schwefelsäure erhalten) wurde mit viel heissem Wasser zersetzt, das entstandene flockige basische Salz absitzen gelassen, die darüber stehende Flüssigkeit decantirt, das Salz auf ein Filter gebracht und mit kaltem Wasser ausgewaschen. Mit heissem Wasser zersetzt sich nämlich das basische Cero-Cerisulfat, wie ich weiter unten zeigen werde. Es wurde zwischen Fliesspapier abgepresst und trocknete über Schwefelsäure zu rothgelben, bernsteinähnlichen, durchscheinenden Stücken ein, die sehr spröde waren und auf dem Bruche starken Wachsglanz zeigten. Das über Schwefelsäure bis zum constanten Gewicht getrocknete und feingeriebene Salz wurde durch Kochen mit Aetzammoniak in Cero-Cerihydroxyd verwandelt, letzteres geglüht, als Ce^3O^4 gewogen und hieraus der Cergehalt berechnet. Im Filtrat wurde die Schwefelsäure auf gewöhnliche Weise bestimmt, der Wassergehalt wurde entweder durch Erhitzen des Salzes oder durch den Verlust gefunden.

1. 1,443 gr. Substanz gaben 0,930 gr. Ce^3O^4 entspr. 0,755 gr. = 52,35 Proc. Ce, ferner 0,925 gr. SO^4Ba^2 entspr. 0,127 gr. = 8,8 Proc. S.

2. 0,6195 gr. Substanz gaben bei 290° getrocknet 0,080 gr. = 12,9 Proc. H^2O, ferner 0,394 gr. Ce^3O^4 entspr. 0,320 gr. = 51,65 Proc. Ce, ferner 0,408 gr. SO^4Ba^2 entspr. 0,056 gr. = 9,03 Proc. S.

3. 0,862 gr. Substanz gaben bei 100° getrocknet 0,067 gr. = 7,8 Proc. H^2O, beim Erhitzen bis auf 270° noch 0,033 gr. H^2O, Gesammtwassergehalt also 0,110 gr. = 12,7 Proc. H^2O.

---

1) Pogg. Ann. 108. 2) Journ. f. pr. Chemie 48. 3) ebend. 92, 113.

Aus diesen Resultaten berechnet sich die Formel $SO^6HCe^2 + 2H^2O$,

das Salz einer Tetrahydroxy-Schwefelsäure: $S\left\{\begin{array}{l}O\\OH\\\left.\begin{array}{l}O\\O\end{array}\right\}\overset{II}{Ce}\\O(\overset{III}{Ce}O)\end{array}\right. + 2H^2O.$

oder einer Perhydroxy-Schwefelsäure: $S\left\{\begin{array}{l}OH\\OH\\OH\\\left.\begin{array}{l}O\\O\end{array}\right\}\overset{II}{Ce}\\O[\overset{III}{Ce}(OH)^2].\end{array}\right.$

Das Verhältniss zwischen divalentem und trivalentem Cer ist also 1 : 1.

Nach obiger Formel

berechnet:		gefunden:		
S	= 9,2 Proc.	S	= 9,03	8,8 Proc.
Ce	= 52,7 -	Ce	= 51,65	52,35 -
H^2O	= 12,9 -	H^2O	= 12,9	12,7 -
O	= 25,2 -	O	—	— -

Beim Auswaschen des basischen Cero-Cerisulfats mit heissem Wasser bemerkte ich, dass lange nachdem das Waschwasser keine Reactionen mehr auf Zusatz von Oxalsäure oder Ammoniak gab, auf Zusatz von Chlorbaryum Baryumsulfat gefällt wurde. Ich schloss daraus, dass sich das Salz beim Auswaschen mit heissem Wasser zersetzt, indem es seine Schwefelsäure verliert. Eine vierzehn Tage lang mit heissem Wasser ausgewaschene Partie gab immer noch im Waschwasser Schwefelsäurereactionen.

Eine hiervon getrocknete Probe wurde analysirt und gab noch 7,3 Proc. Schwefel, hatte also durch Auswaschen circa 1,5—1,7 Proc. Schwefel verloren. Vollkommner und schneller gelang die Zersetzung des basischen Sulfats durch wiederholtes Auskochen mit immer neuen Mengen Wassers. Eine Partie wurde auf diese Weise so lange behandelt, bis das Waschwasser keine Schwefelsäurereactionen mehr gab. Der Niederschlag war jetzt ganz hell geworden und trocknete zu schmutzig-weissen Stücken ein von der Farbe und dem Aussehen des Cero-Cerihydroxyds. Eine Probe wurde analysirt und enthielt nun nur noch 1,5 Proc. Schwefel, es hatte also beim Auskochen fast alle Schwefelsäure verloren. Durch diese Zersetzung erklären sich zum Theil auch die verschiedenen Resultate der vorhandenen Analysen, die für das Salz aufgestellt sind; denn je nachdem das zu analysirende Salz mehr oder weniger lang ausgewaschen wurde, desto verschiedener musste die Schwefelsäurebestimmung ausfallen.

2. Basisches Cero-Cerinitrat.

Giesst man eine concentrirte Lösung von Cero-Cerinitrat in viel heisses, salpetersäurehaltiges Wasser aus, so scheidet sich bekanntlich ein weissgelbes, flockiges basisches Nitrat ab. Dieses Verhalten des Cero-Cerinitrats ist schon zur Darstellung reiner Cerverbindungen benutzt worden. Da die Zusammensetzung dieses basischen Salzes noch unbekannt ist, so habe ich sie in nachfolgenden Bestimmungen festzustellen gesucht. Das basische Nitrat ist in reinem Wasser leicht löslich, dagegen unlöslich in salpetersäurehaltigem Wasser. Es trocknet über Schwefelsäure zu amorphen, undurchsichtigen, hellgelben Stücken ein. Die Analysen wurden auf folgende Weise ausgeführt. Um das Salz von der etwa anhängenden, vom Auswaschen mit salpetersäurehaltigem Wasser herrührenden Salpetersäure zu befreien, wurde es bei 110° getrocknet. Zur Bestimmung der Salpetersäure wurde es durch Kochen mit einer Lösung von Baryumhydroxyd zersetzt, im Filtrat, welches durch Einleiten von Kohlensäure vom überschüssigen Baryt befreit war, das gebildete Baryumnitrat durch Schwefelsäure als Baryumsulfat bestimmt. Um zu vermeiden, dass durch übergerissene Salzsäure die Salpetersäurebestimmung zu hoch ausfiele, schaltete ich nach dem gewöhnlichen Kohlensäurewaschapparat noch einen mit doppeltkohlensaurem Natron gefüllten Cylinder ein.

1,5025 gr. bei 110° bis zum constanten Gewicht getrocknetes Nitrat gaben 0,3455 gr. SO^4Ba^2. Ein Mischungsgewicht SO^4Ba^2 entspricht zwei Mischungsgewichten Stickstoff, 0,3455 gr. SO^4Ba^2 entsprechen also 0,0415 gr. = 2,96 Proc. N.

Behufs der Cerbestimmung wurde das Salz einfach geglüht, dadurch in Ce^3O^4 übergeführt, als solches gewogen und daraus das Cer berechnet. 0,6595 gr. gaben 0,579 gr. Ce^3O^4 entspr. 0,470 gr. = 71,26 Proc. Ce.

Zur Wasserbestimmung wurde das bei 110° getrocknete Salz in einem Verbrennungsrohr mit vorgelegter stark erhitzter Kupferspirale geglüht und das freiwerdende Wasser in einem Chlorcalciumrohr aufgefangen. 0,940 gr. gaben hierbei 0,044 gr. H^2O entspr. 0,0049 gr. = 0,52 = Proc. H.

Aus diesen drei Bestimmungen berechnet sich ein Salz der Perhydroxy-Salpetersäure von der Zusammensetzung:

Digitized by Google

$$NO^9HCe^4 = N\left\{\begin{array}{l} \left.\begin{array}{l}O\\O\end{array}\right\}\overset{II}{Ce} \\ OH_{III} \\ O\,Ce\,O \\ O\left[\overset{III}{Ce}\left\{\begin{array}{l}O\\O\end{array}\right\}\overset{II}{Ce}\right] \end{array}\right. \quad \text{oder } N\left\{\begin{array}{l} \left.\begin{array}{l}O\\O\end{array}\right\}\overset{II}{Ce} \\ \left.\begin{array}{l}O\\O\end{array}\right\}\overset{II}{Ce} \\ O\left[\overset{III}{Ce}\left.\begin{array}{l}O\\O\end{array}\right\}\overset{III}{Ce}(OH)\right] \end{array}\right.$$

Das Verhältniss zwischen divalentem und trivalentem Cer ist also gleich dem beim basischen Cero-Cerisulfat, 1 div. Cer : 1 triv. Cer.

Nach obiger Formel

	berechnet:	gefunden:
N	= 2,74 Proc.	2,96 Proc.
Ce	= 72,01 -	71,26 -
H	= 0,2 -	0,52 -
O	= 25,26 -	—

3. Basisches Cero-Ceriacetat.

Der bei der zuerst beschriebenen Popp'schen Trennungsmethode (vergl. oben S. 299) erhaltene cerhaltige, nass hellgelbe Niederschlag ist im Wasser leicht löslich, unlöslich dagegen in einer verdünnten Natriumacetatlösung und trocknet über Schwefelsäure zu rothbraunen, durchscheinenden, auf dem Bruche starken Wachsglanz zeigenden Stücken ein, die ein schwefelgelbes Pulver geben. Getrocknet ist er weniger leicht in Wasser löslich und kann dann leicht von dem vom Auswaschen anhängenden Natriumacetat befreit werden. Eine auf solche Weise gereinigte Probe gab mit Schwefelsäure allein schon, sowie auch auf Zusatz von Alkohol die gewöhnlichen Essigsäurereactionen, woraus hervorgeht, dass er nicht aus Cersuperoxydhydrat, wie Popp angiebt, noch aus Cero-Cerihydroxyd besteht, sondern vielmehr aus einem basischen Acetat. Um die quantitative Zusammensetzung dieses basischen Salzes zu bestimmen, wurde aus einer reinen Cero-Cerinitratlösung durch Kochen mit Natriumacetat, Abfiltriren auf dem Wasserbadtrichter, Auswaschen mit heisser verdünnter Natriumacetatlösung eine Partie desselben dargestellt. Nachdem das Salz über Schwefelsäure getrocknet worden war, wurde das Pulver mit wenig Wasser behandelt und das anhängende Natriumacetat auf diese Weise entfernt. Das so gereinigte Salz wurde wieder über Schwefelsäure bis zum constanten Gewicht getrocknet und, wie folgt, analysirt. Es wurde im Platinschiffchen in einem sorgfältig ausgetrockneten Verbrennungsrohr im Sauerstoffstrom verbrannt und die Verbrennungsproducte in den bei organischen Elementaranalysen gebräuchlichen Apparaten aufgefangen. Um sicher zu sein, dass alle Essigsäure zu Kohlensäure ver-

Digitized by Google

brannt wurde, wurde überdies noch eine mehrere Zoll lange Schicht Kupferoxyd vorgelegt und während der Verbrennung stark geglüht. Der im Platinschiffchen bleibende Rückstand wurde als Ce^3O^4 gewogen und daraus der Cergehalt berechnet. Da das Salz beim Verbrennen sich weder aufblähte, noch verspritzte, das Ein- und Ausnehmen des Platinschiffchens mit Sorgfalt geschah, so war auch die Cerbestimmung durchaus correct. Es wurden zwei Bestimmungen gemacht. In dem einen Fall gaben 0,834 gr. über Schwefelsäure getrocknetes Salz 0,1015 gr. H^2O = 0,01128 gr. = 1,35 Proc. H, ferner 0,226 gr. CO^2 = 0,06164 gr. = 7,39 Proc. C, ferner 0,6885 gr. Ce^3O^4 = 0,559 gr. = 67,03 Proc. Ce. In dem andern Fall wurden erhalten aus 0,545 gr. Substanz 0,071 gr. H^2O = 0,0079 gr. = 1,45 Proc. H, ferner 0,1485 gr. CO^2 = 0,0405 gr. = 7,43 Proc. C, ferner 0,452 gr. Ce^3O^4 = 0,367 gr. = 67,34 Proc. Ce.

Aus diesen Bestimmungen folgt die Zusammensetzung:

$$C^4H^7Ce^5O^{10} = C^2\left\{\begin{matrix} H^3 \\ O \text{―――――} \\ \left[O\left(\overset{'''}{Ce}\left.\begin{matrix}O\\O\end{matrix}\right\}\overset{''}{Ce}\right)\right]^2 \end{matrix}\right. C^2\left\{\begin{matrix} H^3 \\ \left.\begin{matrix}O\\O\end{matrix}\right\}\overset{'''}{Ce}(OH) \end{matrix}\right.$$

Demnach ist es also das Salz einer Di-Essigsäure (siehe GEUTHER, Lehrbuch d. Chemie):

Nach obiger Formel

	berechnet:	gefunden:
C	= 7,11 Proc.	7,39— 7,43 Proc.
H	= 1,04 -	1,35— 1,45 -
Ce	= 68,14 -	67,03—67,34 -
O	= 23,7 -	— —

IX. Elektrolytische Versuche.

Diese Versuche wurden anfänglich in der Absicht angestellt, eine höhere Oxydationsstufe des Cers darzustellen. Es ist dieses nicht gelungen, doch ist die Zersetzungsweise der der Elektrolyse unterworfenen Lösungen immerhin interessant genug, um hier Erwähnung zu finden. Bei allen diesen Versuchen wurde eine Batterie von drei BUNSEN'schen Zink-Kohlen-Elementen angewandt.

1. Elektrolyse einer concentrirten Cerchlorürlösung.

Am +Pol wurde Chlor frei, am —Pol setzte sich Cero-Cerihydroxyd ab.

2. Elektrolyse von geschmolzenem Cerochlorid.

Die Darstellung des Cerchlorürs ist analog der des Chlormagnesiums. Das in einem kleinen Porzellantiegel über dem Gebläse schmelzende Cerchlorür wurde auf folgende Weise zersetzt. Am —Pol schied sich eine kleine Menge metallisches Cer als schwarzgraues Pulver ab. Ausserdem bildeten sich vom letztern Pol ab röthlich-silberweisse Blättchen, welche mit Schwefelsäure übergossen Chlorwasserstoff entwickelten und beim Glühen reines Ce^3O^4 gaben. Jedenfalls sind diese Blättchen identisch mit dem von Wöhler bei Darstellung von Cerium erhaltenen Ceroxychlorür. Auch hinterliessen sie beim Lösen in Säure eine kleine Menge Kieselsäure, welche wohl aus dem Platintiegel stammte, da er an der Stelle, wo die Platinelektrode aufsass, merklich angegriffen war. Bei der Behandlung der ganzen nach der Elektrolyse erhaltenen Masse mit Wasser entwickelte sich ein sehr übelriechendes Gas. Am +Pol, welcher aus einem Stückchen Gaskohle bestand, entwickelte sich Chlorwasserstoff, durch den charakteristischen stechenden Geruch erkennbar. Die Bildung von Salzsäure erklärt sich aus der Einwirkung der Feuchtigkeit der umgebenden Atmosphäre, welche letztere hier reich an Wasser durch die reichliche Gasverbrennung wird. Ausser den schon erwähnten Zersetzungsproducten wurde eine grosse Menge Ce^3O^4 erhalten, welche Thatsache für die leichte Zersetzbarkeit des Cerchlorürs beim Schmelzen an der Luft durch die Feuchtigkeit derselben spricht.

3. Elektrolyse von concentrirter Cerosulfatlösung.

Beim Durchgang des Stromes durch eine saure Lösung färbte sich momentan die Lösung vom +Pol aus gelb, indem sich durch Oxydation Cero-Cerisulfat bildete. Am —Pol schied sich ausser einer kleinen Menge metallischen Cers, das als ein schwarzer Anflug am Platindraht erschien, eine flockige Masse ab, welche zuerst wachsartig-plastisch und bei längerem Zusammenstehen mit der Flüssigkeit krystallinisch wurde. Dieses war ein basisches Sulfat.

Derselbe Vorgang fand bei Anwendung einer neutralen Lösung statt, nur dass hier die Oxydation und Abscheidung des basischen Sulfates durch die geringere Leitungsfähigkeit der neutralen Lösung anfangs langsamer erfolgte. Erst, nachdem Säure frei geworden, wurde der Zersetzungsprozess beschleunigt.

Das flockig ausgeschiedene basische Salz geht bald zu einer wachsartigen, plastischen Masse zusammen, welche beim Zusammenstehen mit der Mutterlauge zu einem gelben, krystallinischen Pulver zerfällt,

Digitized by Google

Letzteres trocknet aber wieder gleich dem durch Zersetzung des Cero-Cerisulfats mit Wasser erhaltenen basischen Sulfat zu dunkelgelben, amorphen, glänzenden Stücken ein, welche, mit Wasser zusammengebracht, wieder, jedenfalls unter Wasseraufnahme, zu einem krystallinischen Pulver werden. Die Analyse dieses über Schwefelsäure getrockneten Salzes wurde in der bekannten Weise ausgeführt und ergab die schon bekannte Zusammensetzung: $SO^6HCe^2 + 2H^2O$ des auf andere Weise erhaltenen (vergleiche oben S. 319).

1,7135 gr. gaben 0,212 gr. = 12,37 Proc. H^2O, ferner 1,272 gr. SO^4Ba^2 entspr. 0,1747 gr. = 10,19 Proc. S, ferner 1,068 gr. Ce^3O^4 entspr. 0,867 gr. = 50,6 Proc. Ce.

	Berechnet:	Gefunden:
Ce	= 52,7 Proc.	50,6 Proc.
S	= 9,2 -	10,2 -
H^2O	= 12,9 -	12,37 -
O	= 25,2 -	—

4. Elektrolyse von neutraler Ceronitratlösung.

Die Lösung blieb farblos, am —Pol schied sich eine bräunlich-gelbe, missfarbige Masse ab. Zugleich entwickelte sich Ammoniak, so dass die Lösung nach Beendigung der Operation stark ammoniakalisch reagirte. Die Mutterlauge enthielt keine Spur von Cer mehr, dieses war vollständig durch das entstandene Ammoniak ausgeschieden. Das Filtrat wurde zur Trockne verdampft und hinterliess eine entsprechende Menge Ammoniumsalz.

Dieselben Reactionen treten bei einer sauren Nitratlösung ein.

5. Elektrolyse einer basischen Cero-Ceriacetatlösung.

Eine wässrige Lösung von dem oben beschriebenen basischen Cero-Ceriacetat gab bei der Elektrolyse ebenfalls ein basisches Acetat, welches zu braunrothen, amorphen Stücken eintrocknete und die gewöhnlichen Essigsäurereactionen gab.

Den in dieser Abhandlung ausgeführten Berechnungen liegen die in Geuther's Lehrbuch der Chemie gegebenen Mischungsgewichte zu Grunde.

Schliesslich kann ich nicht unterlassen, meinem verehrten Lehrer, Herrn Prof. Geuther, in dessen Laboratorium ich vorliegende Untersuchungen ausgeführt habe, für seinen vielfach gegebenen gütigen Rath zu danken.

Jena, im August 1870.

Kleine Mittheilung.

Eine gute Methode zur Darstellung des dreibasischen Ameisensäureäthers.

Von

Dr. E. Stapff.

Bassett[1]) giebt an, auf die Weise, dass er zu einem Gemisch von 2 Th. Chloroform und 12 Th. Alkohol, welches sich in einem mit aufsteigendem Kühlrohr versehenen Kolben befand, nach und nach in kleinen Portionen 1 Th. Natrium fügte, von dem dreibasischen Ameisensäureäther eine »der Menge des angewendeten Chloroforms fast gleichkommende Ausbeute« erhalten zu haben, während die Entdecker dieses Aethers, Kay und Williamson[2]), nach den von ihnen befolgten Methoden, d. h. langsames Vermischen von Chloroform und Natriumalkoholat, oder langsames Zufügen von ersterem zu einem Gemisch von Kalihydrat, Aetzkalk und Alkohol, nur verhältnissmässig wenig der Verbindung erhielten. Ich habe die Versuche Bassett's öfters wiederholt, genau nach seiner Vorschrift gearbeitet und bei Anwendung auch von erst über Natrium rectificirtem Alkohol nie mehr als höchstens 10 Proc. von der Menge des angewandten Chloroforms dreibasischen Ameisensäureäther erhalten, eine Ausbeute, welche die Angaben Bassett's darüber durchaus nicht bestätigt. In der neuesten Zeit haben Ladenburg und Wichelhaus[3]) diesen Aether so bereitet, dass sie das Gemenge von Chloroform und Alkohol zu Natrium, das sich unter einer Aetherschicht befand, tropfen liessen. Sie erhielten etwa 13 Proc. der angewandten Chloroformmenge von dieser Verbindung.

Auf Veranlassung des Herrn Prof. Geuther habe ich zur Darstellung dieses Aethers nicht alkoholhaltiges Natriumalkoholat ($C^2H^5NaO, 2C^2H^6O$), wie es bei der Wechselwirkung von Natrium und Alkohol zunächst entsteht, angewandt, sondern alkoholfreies Natriumalkoholat (C^2H^5NaO) und so eine Ausbeute von zwischen 146° und 148° siedendem Product erhalten, dessen Menge 43 Proc. der angewandten Chloroformmenge betrug.

---

1) Zeitschrift f. Chemie 1868. S. 238.
2) Annal. d. Chem. u. Pharm. Bd. 92 S. 346.
3) Annal. d. Chem. u. Pharm. Bd. 152 S. 164.

Digitized by Google

Das in einer tubulirten Retorte im Wasserstoffgasstrom dargestellte und durch Erhitzen im Oelbad bis 180⁰ von Alkohol befreite, ganz weisse Natriumalkoholat wurde, nachdem die Retorte mit einem umgekehrten Kühler verbunden war, mit wasserfreiem Aether übergossen, so dass die Masse damit einige Linien hoch überdeckt war und darauf durch einen in den Tubulus gesetzten Scheidetrichter das Chloroform langsam zufliessen gelassen. Nachdem dies geschehen, wurde die Retorte im Wasserbade gelinde erwärmt und in kurzen Pausen geschüttelt, bis allmählich das feste Natriumalkoholat zergangen und an seiner Stelle nur fein vertheiltes Kochsalz zu bemerken war. Es wurde noch eine Weile der Aether im Wasserbade im Sieden erhalten, nach dem völligen Erkalten kaltes Wasser zugefügt, die ätherische Schicht von der wässrigen getrennt, mit Chlorcalcium entwässert und rectificirt.

Der Grund, weshalb die Ausbeute auf diese Weise eine bedeutend grössere war, als sonst, liegt offenbar in der Ausschliessung allen Alkohols, welcher auf das Natriumalkoholat lösend wirkt. Da eine solche Lösung sich mit dem dreibasischen Ameisensäureäther, wie BASSETT[1]) gezeigt hat, in Kohlenoxyd, Natriumformiat, Alkohol und Aether umsetzt, so muss natürlich bei Vorhandensein von um so mehr Alkohol die Ausbeute an dreibasischem Ameisensäureäther um so mehr verringert werden.

Jena, Univ.-Laboratorium, Mai 1870.

---

1) Annal. d. Chem. u. Pharm. Bd 132 S. 55.

BEOBACHTUNGEN

DES

PATHOLOGISCHEN INSTITUTS

ZU JENA.

VON

WILHELM MÜLLER.

Specieller Theil.

Erste Reihe.

Mit Tafel IX. X. XI. XII.

Digitized by Google

Inhalt.

		Seite
1.	Ueber den Bau der Chorda dorsalis	327
2.	Ueber Entwicklung und Bau der Hypophysis und des Processus infundibuli cerebri	354
3.	Ein Fall von kystomatösem Adenom der Hypophysis	425
4.	Ueber die Entwicklung der Schilddrüse	428
5.	Zwei Fälle von angeborenem Adenom der Schilddrüse	454
6.	Zwei Fälle von Cylinder-Epitheliom (Epithelioma cylindrocellulare) der Schilddrüse nebst Bemerkungen zur Theorie der Epitheliombildung	456
7.	Ein Fall von Spindelzellensarcom (Sarcoma fusocellulare) der Schilddrüse neben altem Kropf mit Metastasen auf Lymphdrüsen und Lungen	476
8.	Ueber myxomatöses Adenom der Schilddrüse und dessen Beziehungen zum sog. Gallertkrebs	481

I. Ueber den Bau der Chorda dorsalis.

Die erste klare Beschreibung der Formelemente der Chorda bei den Cranioten hat JOH. V. MÜLLER[1]) geliefert. Er unterscheidet den Gallertkörper, einen weissen bei einigen Thieren in dessen Centrum vorhandenen Faden und eine weisse peripherische Schicht. Der Gallertkörper besteht nach ihm aus einer durchsichtigen, in dicht aneinanderstossenden Zellen, welche den Pflanzenzellen analog sind, enthaltenen Gallerte und gehört mithin unter das in der Thierwelt sparsam vorhandene Zellgewebe mit geschlossenen Zellen. Der im Centrum der Chorda dorsalis verlaufende weisse Streif gehört nach MÜLLER einem anderen Gewebe, wahrscheinlich dem Sehnengewebe an; er besteht aus parallelen Fasern. Die peripherische Schicht endlich, welche noch innerhalb der Scheide eine ganz dünne weisse Lage bildet, die sich nicht als Haut von der Gallerte abziehen lässt, besteht nach den Beobachtungen MÜLLER's aus kleinen mikroskopischen Körnchen.

TH. SCHWANN[2]) hat die Angaben MÜLLER's durch den Nachweis erweitert, dass die Zellen der Chorda von verschiedener Grösse, im Allgemeinen in der Mitte am grössten sind, während sie nach aussen kleiner werden. Sie enthalten Kerne, welche dicht an der inneren Wandfläche der Zellen oder in der Wand selbst eingebettet liegen. Die Körner der Rindenschicht gleichen nach ihm durchaus Zellenkernen; sie sind oval und mit Kernkörperchen versehen, nur etwa um die Hälfte kleiner. Da diese Rindenschicht sich nicht scharf vom eigentlichen Gewebe der Chorda abgrenzt und die Zellen der letzteren gegen die Rinde sich schnell verkleinern, so hält SCHWANN die Körner der Rinde für die Cytoblasten abgeplatteter Zellen, welche die Rinde bilden. Er fügt hinzu, dass man bei günstiger Beleuchtung in den Zwischenräumen

1) Vergleichende Anatomie der Myxinoiden. Berlin 1835. p. 74.
Vergleichende Neurologie der Myxinoiden. ib. 1840. p. 64.

2) Mikroskopische Untersuchungen. Berlin 1838. p. 11.

zwischen diesen Körnern sehr feine Linien wahrnehme, wo die Zellen aneinanderstossen, wie bei dem gewöhnlichen pflasterförmigen Epithel.

Die Darstellung, welche MÜLLER und SCHWANN zunächst auf Grund der Untersuchung von Cyklostomen, Fischen und Amphibien gegeben hatten, ist später besonders durch die embryologischen Arbeiten REMAK's [1]) und die vergleichend-anatomischen LEYDIG's [2]) und GEGENBAUR's [3]) auch für die höheren Wirbelthiere als im Wesentlichen richtig erwiesen worden, so dass die Annahme allgemeine Geltung gefunden hat, dass die Chorda dorsalis sämmtlicher Cranioten aus geschlossenen Zellen bestehe, welche in der Peripherie klein und protoplasmareich (Epithelschicht GEGENBAUR's), in der Mitte gross und mit hyalinem Inhalt versehen sind, ferner bei Cyklostomen und Fischen im Inneren theilweise zu schmalen bandartigen Formen sich umwandeln.

Nun sind in letzterer Zeit von zwei Seiten her Angaben veröffentlicht worden, welche mit der herrschenden Ansicht sich nicht vereinbaren lassen.

EMIL DURSY [4]) lässt die Chorda bei Vögeln und Säugethieren nur im Beginn ihrer Entwicklung aus dichtgedrängten Zellen bestehen, im weiteren Verlauf trete eine helle wässerige Intercellularsubstanz auf, welche die Zellen auseinanderdrängt, ohne sie vollständig zu isoliren; dadurch werde ein Netz von Zellen hergestellt, welches von rundlichen und ovalen Lücken durchsetzt sei. An feinen Durchschnitten hat DURSY sich überzeugt, dass letztere keine Chordazellen sind, sondern Flüssigkeitsräume, die von den das ganze fötale Leben hindurch sich gleichbleibenden zarten Chordazellen eine scharfe Begrenzung erhalten. Bei Untersuchung von Flächenansichten oder gröberen Durchschnitten werde man getäuscht, weil die die Flüssigkeitsräume trennenden Chordaelemente als eine feinkörnige Blasen enthaltende Grundsubstanz erschienen, oder sie wurden auch wohl zur Wand der scheinbaren Blasen geschlagen und so kam man zur Aufstellung von dickwandigen knorpelzellenähnlichen, mit heller Flüssigkeit ganz oder theilweise sich füllenden Chordazellen. Niemals bemerkte DURSY, wie von Einigen gelehrt wird, eine Grössenzunahme der Chordazellen oder eine Aufhellung

1) Untersuchungen über die Entwicklung der Wirbelthiere. Berlin 1855.

2) Anatomisch-histologische Untersuchungen über Fische und Reptilien. Berlin 1853; ferner Beiträge zur mikroskopischen Anatomie und Entwicklungsgeschichte der Rochen und Haie. Leipzig 1852.

3) Diese Zeitschrift III. Bd. p. 374. V. Bd. p. 47. Grundzüge der vergleichenden Anatomie. Leipzig 1870. p. 595.

4) Zur Entwicklungsgeschichte des Kopfes der Menschen und der höheren Wirbelthiere. Tübingen 1869. p. 19.

Digitized by Google

ihres Inhalts oder den Verlust ihrer Kerne oder eine endogene Zellvermehrung oder eine Umwandlung in grössere, von Tochterzellen erfüllte Mutterzellen.

Nach W. His [1]) beginnt die Chorda, dem Medullarrohr während der gesammten 6. und 7. Periode (Ende des zweiten und dritter Bebrütungstag des Hühnchens) noch dicht anliegend, gleichwohl scharf sich abzugrenzen. Sie stellt dann einen drehrunden Strang von 35—40 μ. Durchmesser dar, der rings herum von einer dünnen anscheinend structurlosen Scheide umgeben ist. Die Zellen sind nach Art eines Drüsengangs strahlig geordnet und lassen ein mittleres Lumen frei von 8—10 μ.

Der Chorda des Amphioxus wird ein wesentlich anderer Bau zugeschrieben als jener der Cranioten. Alle Beobachter lassen sie aus einer bindegewebigen Scheide und queren, in dieser enthaltenen Scheiben oder Platten bestehen. Goodsir [2]) hat diese Scheiben zuerst beschrieben, ohne über ihre Natur sich zu äussern. v. Quatrefages [3]) citirt fälschlich Goodsir, als habe letzterer die Scheiben für Zellen erklärt, wovon in der Abhandlung von Goodsir nichts zu finden ist, und erklärt sie für abgeplattete Zellen. Diese Zellen seien kürzer als der Querdurchmesser der Chorda und bildeten unregelmässig sechsseitige Platten von 0,1—0,15 Länge bei 0,02—0,025 Dicke. Die Wände seien sehr dick und einander sehr genähert, so dass der Zellenraum nur 0,01—0,015 betrage, jedoch nirgends mit einander verschmolzen, durch einen ganz leichten Zug könne man die Grenzlinien fast immer deutlich hervortreten lassen.

Gegen die Zellennatur dieser Scheiben sprechen sich Max Schultze [4]) und Kowalevski [5]) aus. Nach dem ersteren Beobachter ist von einer Zusammensetzung der Querstreifen der Chorda bei Amphioxus aus einzelnen Zellen keine Spur vorhanden. Wo durch ungeschicktes Manipuliren eine Biegung oder gar Zerreissung der Chorda eingetreten sei, sehe man sehr deutlich eine Neigung zum Zerfallen des Inhalts in quere Scheiben. Diese hält Max Schultze nebst einer weichen Bindesubstanz, durch welche sie aneinander gehalten werden, für die einzigen Elementartheile der Chorda.

1) Untersuchungen über die erste Anlage des Wirbelthierleibs. Leipzig 1868. p. 118.

2) Transactions of the Royal Society of Edinburgh. XV. p. 252.

3) Sur l'Amphioxus. Annales des Sciences naturelles. Serie 3. Tome IV. p. 235.

4) Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie III. 1852. p. 417.

5) Entwicklungsgeschichte des Amphioxus lanceolatus. Mémoires de l'Academie de St. Petersbourg. Tome XI. 1867. p. 8. — Entwicklungsgeschichte der einfachen Ascidien. ibid. Tome X. N. 15. p. 13.

Nach Kowalevski besteht die Chorda des Amphioxus aus einer deutlichen Chordascheide und einer centralen Partie, aus homogener Substanz und in derselben sich bildenden stark lichtbrechenden unregelmässigen Körpern. Diese Körper bestanden anfangs aus sehr kleinen stark lichtbrechenden Körnchen, welche, allmälig auswachsend, längliche Form annehmen. Aber zu gleicher Zeit erscheinen in der homogenen Substanz neue ähnliche Körper, welche anfangs sich ganz in der Nähe der Scheide bilden und dann allmälig auswachsen und sich zwischen die existirenden einschieben. Auf der entgegengesetzten Seite der Chorda dorsalis geht derselbe Process vor sich und die entgegenwachsenden Substanzen verschmelzen. Auf solche Weise entsteht endlich eine Reihe von Plättchen, welche die Chorda zusammensetzen. Dass diese Plättchen keine Zellen sind, brauche nach dem Gesagten kaum erwähnt zu werden, somit bestehe die Chorda aus einer Scheide und aus der letzteren ausgeschiedenen Substanz.

Ich habe zur Prüfung der vorstehenden Angaben zunächst die Chorda dorsalis der Cranioten einer erneuten Untersuchung unterworfen. Zum Ausgangspunkt diente die bleibende Chorda der Cyklostomen. Es standen mir aus dieser Classe zwei erwachsene und ein junges, 16 Centimeter langes Exemplar von Myxine glutinosa, ferner eine Anzahl junger und erwachsener Exemplare von Petromyzon fluviatilis zur Disposition. Ich verdankte diese Thiere der Liberalität der Herren Gegenbaur und Häckel und G. W. Focke in Bremen.

Die Chorda besass bei allen diesen Thieren während ihres Verlaufs durch die Schädelbasis einen runden Querschnitt, im Verlauf durch die Wirbelsäule zeigte die dorsale Fläche eine Depression. Das Chordaband lag excentrisch gegen die Rückenfläche zu und stellte einen schmalen, quer verlaufenden weissen Streif vor, welcher bei den jungen Exemplaren nur angedeutet war.

Die Elemente, welche die Chorda zusammensetzten, waren an deren äusserster Peripherie und im Bereich des Chordabandes anders beschaffen als im eigentlichen Gallertkörper. Die Peripherie wurde bei allen Thieren eingenommen von einer dünnen Schicht sehr kleiner Zellen. Diese waren bei den erwachsenen Thieren flach, mit Kern und deutlicher dünner Membran versehen. Bei den jugendlichen Exemplaren von Petromyzon waren sie im Bereich der dorsalen Depression gleichfalls flach und protoplasmaarm, während sie an den Seiten und namentlich längs der Bauchfläche quadratische protoplasmareiche Cylinder von 0,0045 — 0,006 [1]) Seitenfläche mit rundem Kern, ohne deut-

1) Sämmtliche Zahlen beziehen sich, wo nichts Anderes angegeben ist, auf Mm.

liche peripherische Hülle bildeten. Dieses verschiedene Verhalten lässt sich durch die Annahme erklären, dass die Anbildung neuer Zellen im ventralen Abschnitt der Chorda energischer vor sich geht als im dorsalen.

Die kleinen Zellen der Peripherie gingen bei allen Thieren rasch in die verhältnissmässig sehr grossen des eigentlichen Gallertkörpers über. Letztere waren in der Mitte mehr kugelig, gegenseitig polygonal sich abplattend, zugleich von beträchtlicher Grösse, bei Myxine 0,15, bei Petromyzon 0,06 im Durchmesser erreichend; im Verlauf gegen die Peripherie wurden sie schmäler und zugleich in der Richtung der Radien des Querschnitts verlängert, bei Myxine 0,05 breit, 0,1 lang, bei Petromyzon 0,02 breit, 0,06 lang. Nahe der peripherischen kleinzelligen Schicht nahmen sie sehr rasch in allen Dimensionen ab. Sie besassen eine sehr dünne farblose, nur an einem Theil der grösseren Zellen dickere und leicht gelblich gefärbte Membran. Diese Membran lässt sich durch Carminisirung, noch besser durch die Färbung mit alkoholischer Silberlösung auch an Balsampräparaten sichtbar darstellen. Noch einfacher lässt sich ihre Existenz durch Einlegen eines Chordaschnitts in irgend eine verdünnte wässrige Säurelösung, am besten etwas Jod enthaltende Jodwasserstofflösung und nachheriges Untersuchen in dieser Flüssigkeit oder in Wasser nachweisen. Man beobachtet bei dieser Untersuchungsmethode an der Oberfläche der einzelnen Zellen eine grosse Zahl sehr dicht stehender glänzender Pünktchen, welche zum Theil in regelmässigen Linien angeordnet sind. Auf der Kantenansicht entsprechen diesen Pünktchen dicht neben einander stehende Linien, von welchen die Wandung der Zellen senkrecht durchsetzt wird. Die Punktirung und Streifung ist deutlicher bei Myxine als bei Petromyzon. Ich halte sie für den optischen Ausdruck von Porencanälen, welche die Zellenwand in senkrechter Richtung durchsetzen. Die Wandung der Chordazellen lässt sich durch verdünnte wässrige Säure- und Alkalilösungen etwas zum Aufquellen bringen. Die Zellen sind sehr innig an einander befestigt, so dass es selbst bei längerer Einwirkung concentrirter Alkalilösungen nicht gelingt, einzelne Zellen in grösserer Zahl zu isoliren. Der Innenfläche der Zellenmembran liegt eine unmessbar feine, in Carmin rosenroth sich imbibirende Protoplasmaschicht an, sie enthält den stets wandständigen elliptischen Kern. Diese Protoplasmazone umgiebt die vollkommen durchsichtige structurlose Gallerte, welche das Innere der Zellen erfüllt.

Das Chordaband verhielt sich bei den erwachsenen Thieren anders als bei den jüngeren. Es bestand bei ersteren aus glänzenden, parallel verlaufenden, hie und da wellig gebogenen Fasern und Plättchen,

welche, allmälig an Zahl abnehmend, zwischen den anliegenden Chordazellen sich verloren. Zwischen diesen Fasern fanden sich hie und da sehr enge in die Länge gezogene Spalten, welche von durchsichtiger Substanz erfüllt waren. Die Fasern erwiesen sich bei der Untersuchung im polarisirten Licht als doppeltbrechend, durch die Einwirkung verdünnter wässriger Säure- oder Alkalilösungen lassen sie sich in ähnlicher Weise zum Aufquellen bringen wie die Membranen der Chordazellen. Bei den jüngeren Thieren lagen an der Stelle des zukünftigen Chordabandes zwischen den gewöhnlichen Chordaelementen Gruppen von Zellen, welche in der Richtung von der Rücken- gegen die Bauchfläche eine beträchtliche Abflachung erfahren hatten. Sie unterschieden sich von der Umgebung durch die beträchtliche Dicke ihrer Wand, welche an einzelnen bis zu 0,003 im Durchmesser erreichte und Andeutung einer Schichtung zeigte. Ein Theil dieser Zellen war bis zum Verschwinden des Lumen abgeflacht, in andern war der gallertige Inhalt noch nachweisbar, aber in einzelne Klümpchen gesondert. Die Grösse der Mehrzahl war gering, die Wandung von einzelnen gefaltet. Die verdickten Zellenwände zeigten im polarisirten Licht Doppelbrechung, gegen verdünnte wässrige Säure- oder Alkalilösungen verhielten sie sich wie das ausgebildete Chordaband der erwachsenen Thiere. Ich schliesse aus diesem Befund, dass bei den jüngeren Thieren ein frühes Entwicklungsstadium des Chordabandes vorlag und dass letzteres hervorgeht aus einer Verdickung der Wandschichten der ursprünglichen Chordazellen auf Kosten ihres Protoplasmakörpers und Gallertinhalts mit Volumverkleinerung bis zum vollständigen Schwund der Zellenhöhle und dichter Aneinanderlagerung der abgeflachten Zellenwände. Ich vermuthe, dass es die ältesten Zellen der Chorda sind, welche jeweilig die Umwandlung in das Chordaband erfahren, und halte die excentrische Lagerung des letzteren für die nothwendige Folge einer ventralwärts energischer vor sich gehenden Anbildung neuer Zellen, wie sie aus dem früher bereits angeführten Grunde sich ergiebt.

Aus der Classe der Fische untersuchte ich die Embryonen mehrerer Haie, und zwar standen mir 3 und 20 Centimeter lange Embryonen von Acanthias vulgaris und 14 Centimeter lange Embryonen von Mustelus vulgaris zur Disposition. Das Alter der Embryonen erwies sich auch bei diesen Thieren von Einfluss auf die Beschaffenheit der Chorda. Bei den jüngeren Embryonen von Acanthias bestand letztere aus zwei Schichten: einer protoplasmareichen Rindenschicht[1]) und

1) Ich vermeide die Bezeichnung Epithelschicht, weil sie meiner Ansicht nach den Nachweis zur Voraussetzung hat, dass die Chorda aus dem oberen oder

dem Gallertkörper. Erstere war 0,013 dick und bestand aus einer mehrfachen Lage kleiner Zellen mit rundlichen Kernen von 0,004 und cubischem oder polygonalem, diesen umhüllenden Protoplasmakörper. Der Gallertkörper bestand aus Zellen, welche in der Peripherie sehr klein waren, um, rasch an Grösse zunehmend, gegen die Mitte hin einen Durchmesser von 0,05 — 0,08 zu erreichen. Sie besassen eine sehr dünne durchsichtige Membran, welche eine ungemein feine Tüpfelung zeigte, eine ungemeine dünne, ihr anliegende, den Kern enthaltende Protoplasmazone und im Inneren die farblose durchsichtige Gallertsubstanz.

Die Chorda der 11 Centimeter langen Embryonen von Mustelus zeigte Rindenschicht und Gallertkörper wenig unterschieden. Der letztere enthielt in der Mitte das Chordaband. Die Rindenschicht bestand aus ziemlich grossen dickwandigen Zellen und war nach aussen durch einen sehr schmalen, glänzenden, deutlich radiär gestreiften Saum von der anliegenden Cuticularschicht abgegrenzt. Der Glaskörper bestand wie früher aus polygonalen Zellen von durchschnittlich 0,05 Durchmesser. Sie besassen eine ziemlich dicke durchsichtige Membran, welche bei der Untersuchung in verdünntem, etwas Jod enthaltendem Jodwasserstoff starke Punktirung und auf den Kanten senkrechte Streifung zeigte, eine ungemein zarte, der Membran anliegende, den Kern enthaltende Protoplasmazone und durchsichtigen, gallertigen Inhalt. Das Chordaband bestand aus sehr schmalen, in seitlicher Richtung abgeflachten dickwandigen Zellen, welche nahe dem oberen und unteren Ende des Gallertkörpers durch Zwischenstufen an die gewöhnlichen Chordazellen sich anschlossen. Ihre Wandungen waren zum Theil bis zur gegenseitigen Berührung genähert unter Schwund des ursprünglichen Zelleninhalts und leicht gelblich gefärbt, so dass der Anschein ziemlich dicker, parallel verlaufender Fasern entstand. Die Substanz des Chordabandes erwies sich bei der Untersuchung im polarisirten Licht als doppeltbrechend, durch verdünnte wässrige Säure- oder Alkalilösungen wurde sie zum Aufquellen gebracht.

Bei den 20 Centimeter langen Embryonen von Acanthias zeigte die Chorda bereits beträchtliche Einschnürungen. Sie liess nur zwei Bestandtheile erkennen: den Gallertkörper und das Chordaband. Die Elemente des letzteren verhielten sich wie jene von Mustelus, jene des Gallertkörpers waren merklich kleiner geworden, ihre Wandung war verdickt, leicht gelblich, der Kapsel von Knorpelzellen ähnlich.

---

unteren Keimblatt abstammt, welcher bis jetzt nicht geliefert ist. Die Unterscheidung einer Rindenschicht und eines Gallertkörpers ist unverfänglich.

Digitized by Google

Aus der Classe der Amphibien untersuchte ich Rana temporaria. Das früheste Stadium boten Embryonen, deren Medullarwülste noch nicht vereinigt waren. Die Chorda stellte hier einen drehrunden Strang von 0,08 Durchmesser dar. Sie bestand aus cubischen und polygonalen Zellen von durchschnittlich 0,02 Durchmesser, sämmtlich reich an schwarzem Pigment und kernhaltig, die in der Mitte liegenden enthielten zum Theil helle durchsichtige Räume in ihrem Protoplasma.

Bei Embryonen, deren Urnierengänge sichtbar waren, zeigte die Chorda einen Durchmesser von 0,1. Die central liegenden Zellen begannen jetzt von der Rindenschicht deutlicher sich zu unterscheiden, indem die Bildung heller Räume auf Kosten des Protoplasma erheblich fortgeschritten war.

Bei Embryonen von 5 Mm. Länge, welche eben im Ausschlüpfen begriffen waren, hatte die Chorda einen Durchmesser von 0,16. Sie lag der Basis des Medullarrohrs dicht an, seitlich war sie durch spindelförmige Zellen von dem unteren Ende der Urwirbel geschieden. Sie liess eine protoplasmareiche Rindenschicht und den Gallertkörper bereits unterscheiden. Erstere bestand aus theils cubischen, theils in die Länge gezogenen abgeflachten Zellen mit rundlichen und elliptischen Kernen von 0,01 und diese umhüllendem, sehr pigmentreichem Protoplasmakörper. Die Gallertsubstanz war zusammengesetzt aus Zellen, welche gegen die Mitte rasch an Grösse zunahmen und einen Durchmesser von 0,02—0,03 zeigten. Diese Zellen enthielten im Innern helle durchsichtige Gallerte, sie war umgeben von einer ziemlich dicken Protoplasmazone, welche den elliptischen Kern und zahlreiche, sehr feine dunkelbraune Pigmentkörner enthielt. An der Oberfläche des Protoplasmas begann die Zellmembran sich abzuscheiden, sie war, von der Fläche gesehen, von einer grossen Anzahl theils brauner, theils farbloser, in Carmin roth sich imbibirender Pünktchen unterbrochen.

Bei Larven von 8 Mm. maass die Chorda 0,22. Sie liess auch jetzt eine protoplasmareiche Rindenschicht und den Gallertkörper unterscheiden. Erstere hatte ihre Beschaffenheit nicht geändert, die Zellen des Gallertkörpers maassen in der Mitte durchschnittlich 0,05, ihr Protoplasma war viel dünner als früher, die Zellmembran deutlicher, aber immer noch von feinen, mit Carmin roth sich imbibirenden Pünktchen durchsetzt.

Bei Larven von 20 Mm. hatte die Chorda einen Durchmesser von 0,35. Ihre Rindenschicht war pigmentärmer als früher, bestand aber noch aus einer einfachen Lage protoplasmareicher Zellen. Der Gallertkörper bestand aus Zellen von 0,07—0,1, welche in der Nähe der Rin-

denschicht rasch an Volum abnahmen. Sie waren gegenseitig polygona abgeplattet und bestanden aus einer sehr dünnen durchsichtigen Membran, welche bei der Untersuchung in Wasser oder sehr verdünnter Jodwasserstoffsäure eine feine Tüpfelung und auf den Kanten eine entsprechende feine radiäre Streifung erkennen liess, einer unmessbar feinen, in Carmin leicht rosenroth sich imbibirenden, der Zellmembran dicht anliegenden Protoplasmazone, welche pigmentfrei war und den flachen elliptischen Kern enthielt, und der durchsichtigen farblosen Gallertsubstanz.

Ich habe ferner Larven von 35 Mm. untersucht, welche den Schwanz noch besassen, aber die vier Extremitäten bereits entwickelt hatten. Der Einschnürungsprocess der Chorda hatte bereits begonnen, ihr Durchmesser wechselte dem entsprechend zwischen 0,42 und 0,5. Die Rindenschicht war viel weniger vom Gallertkörper unterschieden als früher, ihre Zellen waren klein, sehr flach, sie besassen jetzt eine durchsichtige Membran, welcher der elliptische schmale Kern anlag und eine geringe Menge eines hellen durchsichtigen Inhalts. Der Uebergang der Rindenschicht zu den grossen Zellen des Gallertkörpers erfolgte fast plötzlich. Letztere maassen durchschnittlich 0,1 im Durchmesser, ihre Membran war theilweise verdickt, wie früher fein getüpfelt und an der Kantenansicht gestreift, die ihr anliegenden Kerne waren sehr blass, 0,002—0,004 dick, 0,01—0,015 lang, 0,006—0,01 breit, der Inhalt wie früher farblos und vollkommen durchsichtig.

Die Chorda des erwachsenen Frosches besass innerhalb der Wirbelkörper runden Querschnitt und einen Durchmesser von 0,55. Das Organ war demnach seit Entwicklung der Extremitäten kaum merklich in die Dicke gewachsen. Sie zeigte einen sehr ungleichförmigen Bau, indem polygonale glashelle Zellen neben comprimirten unregelmässig gefalteten sich fanden. Daneben lagen Gruppen von Zellen mit stark verdickter homogener Intercellularsubstanz, Knorpelzellen durchaus gleichend. Der Querdurchmesser des Organes nahm gegen die Wirbelenden hin ab, so dass in den Intervertebralscheiben nur ein 0,5 langer, 0,01 dicker, in der Medianlinie verlaufender Strang übrig blieb, welcher parallel verlaufende, glänzende, etwas gewundene Linien zeigte, entsprechend den Contouren von dicht aneinanderliegenden und bis zum Verschwinden des Lumen abgeplatteten Chordazellen.

Aus der Classe der Vögel untersuchte ich die Embryonen des Huhns und der Gans. Bei dem Huhn vom Ende des zweiten Bebrütungstags stellte die Chorda einen cylindrischen Strang von 0,03 Durchmesser dar. Sie war, wie sich aus einem Vergleich von Längs- und Querschnitten ergab, durchaus solid und bestand aus protoplasmareichen,

Digitized by Google

cubischen, in der Längsrichtung des Organs theilweise etwas abgeplatteten Zellen mit rundem Kern von 0,006 und durchschnittlich 0,008 Flächendurchmesser. An der Peripherie erschien das Protoplasma dieser Zellen leicht verdichtet, wodurch das Organ scharf von der Umgebung sich absetzte, die im Centrum liegenden Zellen waren unbedeutend grösser als die peripherischen und stellenweise etwas blasser. Die Chorda der Gans von der Mitte des dritten Bebrütungstags stimmte in jeder Beziehung mit diesem Stadium des Huhns überein, das Organ war ein cylindrischer Strang von 0,035 Durchmesser, durchaus solid, die Zellen sämmtlich protoplasmareich.

Bei dem Huhn vom dritten Bebrütungstag bestimmte ich den Durchmesser der Chorda innerhalb der Wirbelsäule zu 0,09; sie zeigte eine leichte Abflachung im medianen Durchmesser und erwies sich auch jetzt in ganzer Ausdehnung solid; die Zellen, welche sie zusammensetzten, liessen bereits eine Sonderung in eine protoplasmaarme centrale Gallertschicht und eine peripherische protoplasmareiche Rindenschicht wahrnehmen. Die Zellen der ersteren waren polygonal, in der Richtung des Längsdurchmessers der Chorda leicht abgeplattet, 0,012 — 0,018 im Durchmesser und bestanden aus einer dünnen, aus feinen Körnchen bestehenden Protoplasmazone und in dieser enthaltenem Kern und einem centralen farblosen durchsichtigen Inhalt. Die Peripherie der Chorda wurde gebildet von einer 0,012 dicken Schicht protoplasmareicher Zellen mit rundlichem Kern von 0,004—0,006 und meist quadratischem, in der Längsrichtung der Chorda leicht abgeflachtem Protoplasmakörper. Embryonen der Gans aus der ersten Hälfte des fünften Bebrütungstags boten das gleiche Entwicklungsstadium; der Durchmesser der Chorda betrug 0,09, die protoplasmareiche Rindenschicht 0,013, die centralen aufgehellten Zellen waren polygonal, 0,01 — 0,016 im Durchmesser mit rundlichem Kern. Das Aussehen der Querschnitte der Chorda erinnerte in Folge der Aufhellung der central liegenden Zellen an jenes eines Drüsenausführungsganges, von dem Vorhandensein eines wirklichen Lumen, wie His es beobachtet zu haben angiebt, habe ich weder in diesem noch in dem vorhergehenden Stadium mich überzeugen können, obwohl ich eine ganze Reihe von Hühner- und Gänseembryonen auf diesen Punkt geprüft habe.

Bei dem Hühnchen vom vierten Bebrütungstag bestimmte ich den Durchmesser der Chorda zu 0,16. Sie setzte sich wie in dem vorhergehenden Entwicklungsstadium aus einer centralen Gallertschicht und einer protoplasmareichen Rindenschicht zusammen; letztere war aber viel dünner als früher und auf eine einfache Lage protoplasmareicher in der Längsrichtung der Chorda etwas abgeplatteter Zellen reducirt.

Die Zellen des Gallertkörpers nahmen von der Peripherie gegen die Mitte rasch an Grösse zu und maassen in letzterer durchschnittlich 0,016. Sie waren polygonal und bestanden aus einer durchsichtigen Membran, einer sehr dünnen, dieser anliegenden Protoplasmaschicht, welche den Kern enthielt und im Innern aus farbloser durchsichtiger Gallerte.

Am sechsten Bebrütungstag bestimmte ich den Durchmesser der Chorda zu 0,2. Die protoplasmareiche Rindenschicht hatte sich gegen das vorige Stadium nicht verändert. Die centralen Zellen maassen durchschnittlich 0,02, bestanden aus Membran, Protoplasmazone und gallertigem Inhalt und enthielten rundliche oder elliptische Kerne mit grossen, stark glänzenden Kernkörperchen. Die Zellmembran liess sich wie bei den niederen Wirbelthieren durch Carmin blassrosenroth, durch Silbersalpeter bräunlichgelb färben, mit verdünnten wässrigen Alkalien behandelt quoll sie höchst unbedeutend. Bei Untersuchung in verdünnter, etwas Jod enthaltender Jodwasserstoffsäure liess sie eine sehr feine Punktirung der Oberfläche und eine feine radiäre Streifung der Kanten erkennen.

Bei dem Huhn vom zehnten Bebrütungstag schwankte der Durchmesser der Chorda zwischen 0,2 und 0,23. Der Bau des Organs zeigte nur insofern von jenem der letzten Stadien sich verschieden, als auch die protoplasmareiche Rindenschicht weniger lebhaft mit Carmin sich imbibirte als früher, was auf eine allmälige Differenzirung auch dieser Zellen in den übrigen Chordaelementen gleichwerthige Gebilde schliessen lässt.

Aus der Classe der Säugethiere habe ich 18—24 Mm. lange Embryonen vom Schwein, Schaf, Kaninchen und Menschen untersucht. Der Bau der Chorda stimmte bei allen überein. Bei dem Schweinsembryo von 18 Mm. bestimmte ich die Dicke der Chorda beim Eintritt in den Schädel zu 0,034 (exclusive Cuticula). Sie bestand aus zwei deutlich unterscheidbaren Lagen: einer peripherischen, 0,009 dicken Lage theils polygonaler, theils quadratischer, in der Längsrichtung abgeflachter Zellen mit rundem Kern und diesen umschliessendem Protoplasmakörper und einer centralen, 0,016 dicken Lage polygonaler Zellen, bestehend aus einer sehr dünnen durchsichtigen Membran, einem sehr feinen, den Kern einschliessenden Protoplasmahof und hyalinem Inhalt. Auf Querschnitten bedingten diese centralen aufgehellten Zellen den Anschein eines Lumen von 0,014 bis 0,016 Durchmesser; durch Aenderung der Einstellung, Untersuchung mit Silbersalpeter gefärbter Präparate und Vergleichung von Längsschnitten liess sich der solide Bau ohne Schwierigkeit nachweisen.

Bei dem Schaffötus von 4 Centimeter zeigte die Chorda in der

Schädelbasis welligen Verlauf; ihr Durchmesser betrug 0,036 exclusive Cuticularschicht. Sie bestand aus einer dünnen protoplasmareichen Rindenschicht und dem Gallertkörper. Erstere hatte sich gegen früher nur in der Dicke verändert; der Gallertkörper bestand aus polygonalen Zellen mit durchsichtiger Wand, äusserst dünner, dieser anliegender Protoplasmazone mit rundem oder elliptischem Kern und farblosem, durchsichtigem Inhalt. Die Zellwand liess auch hier mit Carmin blassroth, mit Silbersalpeter bräunlichgelb sich färben; in Jodwasserstoff untersucht zeigte sie feine Tüpfelung und auf den Kanten eine äusserst feine radiäre Streifung.

Bei dem Schaffötus von 7 Centimeter endete die Chorda mit abgerundeter Spitze 0,016 dick in den untersten Lagen des aus spindelförmigen Zellen bestehenden Perichondrium des Clivus. Der Unterschied zwischen Gallertkörper und protoplasmareicher Rindenschicht war in dem ganzen Verlauf durch die Schädelbasis kaum angedeutet. Die Zellen waren sehr blass, ihre Wandungen dicker als früher, leicht gelblich gefärbt und wie früher äusserst fein getüpfelt.

Es folgt aus den mitgetheilten Beobachtungen, dass sowohl die Angaben, welche His über das Vorhandensein eines centralen Lumen in einem frühen Entwicklungsstadium der Chorda, als auch die Angaben, welche Dursy über den Bau dieses Organs in späteren Entwicklungsstadien gemacht hat, der Begründung entbehren. Die Chorda aller Cranioten erscheint nach demselben Plan gebaut. In den frühesten Entwicklungsstadien aus einer Anhäufung indifferenter protoplasmareicher Zellen bestehend, scheidet sie sich unter Vermehrung dieser Zellen in einen centralen Theil, in welchem eine Differenzirung des Zellprotoplasma durch Abscheidung einer durchsichtigen Gallerte nach innen und einer festen Membran nach aussen stattfindet, und in eine Rindenschicht, welche aus indifferenten Abkömmlingen der ursprünglichen Zellen der Chordaanlage besteht. Diese Rindenschicht wird im Lauf der Entwicklung allmälig zur Herstellung differenzirter Elemente verbraucht; das Aufgehen in letztere bedeutet die Sistirung des ferneren Wachsthums des Organs. Bei allen Cranioten sind die Gallertzellen der Chorda mit einer deutlichen Membran versehen; diese Membran besitzt eine besondere Zeichnung, welche wahrscheinlich als der Ausdruck von Porencanälen betrachtet werden muss, welche die Wandung in senkrechter Richtung durchsetzen. Das sog. Chordaband zeigt eine für die einzelnen Classen oder Familien typische Anordnung; bei den Cyklostomen in querer Richtung der Chorda eingelagert, halbirt es bei den Haien das Organ in senkrechter Richtung. Es besteht übereinstimmend bei allen aus verdickten und bis zum Verschwinden der Zell-

Digitized by Google

höhle abgeflachten Zellen, durch deren dichte Aneinanderlagerung namentlich bei den Cyklostomen Befunde bedingt werden, welche an die Befunde dicht zusammengepresster Epithelien erinnern, wie man sie in Neubildungen, namentlich Kystomen, nicht selten zu sehen Gelegenheit hat.

Die Uebereinstimmung im Bau der Chorda bei sämmtlichen Classen der Cranioten liess mir eine neue Untersuchung der Chorda des Amphioxus wünschenswerth erscheinen. Mein College Anton Dohrn übersandte mir zu diesem Zweck mit dankenswerther Liberalität 30 Exemplare dieses Thieres, welche er Anfangs Mai dieses Jahres in Neapel gesammelt und sofort in absoluten Alkohol gelegt hatte. Die Länge der einzelnen Exemplare schwankte zwischen 14 und 40 Mm. Da die Chorda des Amphioxus sowohl bei jungen als erwachsenen Thieren bis an die beiden Enden des Körpers sich erstreckt, so ist mit diesen Maassen zugleich die Längenausdehnung des Organs gegeben. Im Querschnitt stellte die Chorda eine Ellipse dar, deren grosse Achse in der Medianlinie des Körpers lag. Das Verhältniss der grossen zur kleinen Achse fand ich durchschnittlich wie 13:8, die absolute Länge der grossen Achse schwankte zwischen 0,26 und 0,5, jene der kleinen zwischen 0,16 und 0,36. Es wächst demnach die Chorda dieses Thieres, so lange letzteres wächst, nicht nur in die Länge, sondern auch in der Richtung der Breite und Höhe, in letzterer etwas weniger als in den beiden andern. An der dorsalen und ventralen Fläche zeigte das Organ einen abgerundeten, über die ganze Länge sich erstreckenden Vorsprung, welcher dorsalwärts deutlicher sich markirte und bei einer Basis von 0,1 eine Höhe von 0,03 erreichte[1].

Ich prüfte zunächst das Verhalten der Chorda in der Seitenansicht des unverletzten Thieres. Zu diesem Zweck färbte ich einige zwischen 14 und 20 Mm. messende Exemplare mit Carmin und machte sie hierauf mit Alkohol und Canadabalsam durchsichtig. Die Chorda zeigte nach dieser Methode untersucht in ihrer ganzen Ausdehnung die bekannten Querbänder, am vorderen und hinteren Ende in Form schmaler, stark lichtbrechender Streifen, welche zum grösseren Theil durch die ganze Höhe des Organs, zum kleineren nur auf eine grössere oder kleinere Entfernung von der oberen oder unteren Kante sich erstreckten. Im übrigen Verlauf wichen die parallelen Querbänder hie und da zu schmalen spindelförmigen Räumen auseinander, kürzere und blassere Formen zwischen sich fassend, welche in verschiedenen Entfer-

1) Die Unhaltbarkeit der Angaben Leukart's und Pagenstecher's (Müller's Archiv 1858) ergiebt sich aus dieser Beschreibung von selbst.

nungen von der oberen oder unteren Kante sich erstreckten. Durch diese an drei Thieren übereinstimmend gemachten Beobachtungen wird die Angabe Max Schultze's, nach welcher die Querbänder allenthalben durch die ganze Dicke des Organs sich erstrecken sollen, für ältere Thiere widerlegt, nachdem sie durch Kowalevski für die früheren Entwicklungsstadien bereits als nicht zutreffend erkannt ist. Die Betrachtung der Chorda von der Seite her im unverletzten Thier berechtigt aber überhaupt zu keinem Ausspruch über den Bau des Organs, weil bei derselben gerade der wichtigste Abschnitt durch das centrale Nervensystem verdeckt bleibt.

Zerlegt man ein Stück eines Amphioxus durch successive in sagittaler Richtung geführte Längsschnitte und betrachtet man auf solchen die Chorda, so erscheint ihr Bau am dorsalen Ende anders beschaffen als in ihrer übrigen Ausdehnung. In einer Höhe von durchschnittlich 0,03 liegen der Cuticularschicht längs des dorsalen Endes verzweigte Zellen an, deren Ausläufe hie und da unter einander anastomosiren und helle Räume zwischen sich lassen. Darauf folgen erst die mit Carmin lebhaft roth sich imbibirenden glänzenden Querbänder, deren Dicke 0,0015—0,003 beträgt und welche bei jüngeren Thieren in Abständen von 0,003 bisweilen leichte Einkerbungen zeigen. Sie verlaufen parallel durch das Organ; wo sie sich umlegen, erscheinen sie als flache, ziemlich blasse Plättchen. Am ventralen Ende solcher Schnitte zeigen sich nahe der Cuticularschicht statt der glänzenden Bänder abermals verästelte Zellen, stets sehr blass und in geringerer Zahl als am dorsalen Ende.

Auf successiven Längsschnitten, welche man in horizontaler Richtung durch ein Stück eines Amphioxus legt, vom Rücken gegen die Bauchseite fortschreitend, erkennt man an der unteren Fläche der Cuticularschicht, soweit sie vom Centralnervensystem bedeckt wird, eine grosse Zahl verästelter Zellen, deren Ausläufer hie und da anastomosiren und helle Räume zwischen sich lassen. Auf sie folgen wieder die glänzenden, mit starkem Contour versehenen, das Organ der Quere nach durchsetzenden Bänder. Sie setzen sich mit conischen, 0,003—0,004 dicken, 0,01 hohen, lebhaft roth sich imbibirenden Enden an die Cuticularschicht an und erstrecken sich in gleichförmiger, 0,0015—0,003 betragender Dicke parallel durch das Organ.

Wesentlich anders ist die Beschaffenheit des Bildes, welches die Chorda des Amphioxus auf Querschnitten darbietet. Schon früher ist angegeben worden, dass an den beiden Polen der Ellipse, welche der Querschnitt bildet, Vorsprünge sich finden, von welchen der ventrale wenig markirt, der dorsale deutlich entwickelt ist. Im Bereich dieser

Digitized by Google

Vorsprünge ist die Beschaffenheit des Organs anders als in dem dazwischen liegenden Abschnitt, dem Mittelstücke. Der Cuticularschicht des dorsalen Vorsprungs liegt eine Reihe von Zellen an. Sie sind theils flach, theils prominiren sie als durchschnittlich 0,01 hohe, 0,003 breite Cylinder gegen das Innere. Die Mehrzahl dieser Zellen verlängert sich in Fortsätze, welche theils zur gegenüberliegenden Wand sich erstrecken, theils mit jenen andrer Zellen anastomosiren. Dadurch wird ein lockeres Netzwerk hergestellt, dessen Interstitien leer, d. h. im natürlichen Zustand mit Flüssigkeit erfüllt sind. Wo der dorsale Vorsprung an das Mittelstück der Chorda sich ansetzt, verlaufen die Fortsätze dieser Zellen mehr gestreckt von der einen Seitenwand zur andern, dabei mehrfach sich durchkreuzend, wodurch der Anblick eines sehr dichten, aus blassen, durchschnittlich 0,002 breiten Fasern gebildeten Flechtwerks entsteht. Alsbald aber wird die Beschaffenheit des Mittelstücks mehr homogen und bleibt so bis nahe an den ventralen Vorsprung. Mit Carmin färbt sich dieser ganze Abschnitt sehr wenig, mit einem Stich ins Gelbliche; die Grenzen der einzelnen Zellen, welche an der Uebergangsstelle noch deutlich längs der Cuticularschicht zu unterscheiden waren, werden undeutlich. Von der einen Seitenwand zur andern erstrecken sich in ziemlich regelmässigen Abständen von durchschnittlich 0,003 blasse Linien, die schmalen Furchen gleichen. Diese Linien sind schon von Joh. v. Müller gesehen und abgebildet [1]) worden; sie sind selbst an Balsampräparaten jederzeit nachweisbar. Ihnen entsprechen die seichten Einkerbungen, welche man an den Querscheiben jüngerer Thiere auf sagittalen Längsschnitten bisweilen antrifft. Es ist mir nicht gelungen, im Inneren dieser blassen Streifen Kerne oder Kernrudimente aufzufinden. Bei der Untersuchung in verdünntem Jodwasserstoff zeigte die Fläche des Mittelstücks eine äusserst feine Punktirung; ihr entsprach eine gleich feine senkrechte Streifung der Querscheiben bei Betrachtung von Längsschnitten. Ich halte diese Zeichnung auch hier für den Ausdruck von Porencanälen, welche die Wände der einzelnen Querscheiben in senkrechter Richtung durchsetzen. Mit verdünnten wässrigen Säuren oder Alkalien behandelt zeigt die Substanz des Mittelstücks deutliches Quellungsvermögen, sie quillt ferner beträchtlich bei kürzerem Kochen und bei der Behandlung mit concentrirter Chlorcalciumlösung. Im polarisirten Licht erwies sie sich stark doppelbrechend. Die einzelnen Scheiben scheinen durch eine schwer lösliche Kittsubstanz verbunden zu sein; ich schliesse dies aus der Schwierig-

1) Ueber den Bau und die Lebenserscheinungen des Amphioxus. Abhandlungen der k. Academie der Wiss. zu Berlin aus dem Jahre 1842. p. 79. Tab. V. Fig. 3.

Digitized by Google

keit, mit welcher die Lösung einzelner Scheiben aus der Continuität der Chorda auch bei Anwendung starker Alkalilösungen verbunden ist. In der Nähe des ventralen Vorsprungs nimmt das Bild des Mittelstücks denselben Charakter eines dichten Flechtwerks an, wie in der Nähe des dorsalen. Der wenig ausgeprägte ventrale Vorsprung selbst zeigt ein ganz ähnliches lockeres Netzwerk wie lezterer, jedoch ist die längs der Cuticula liegende Zellenschicht viel weniger entwickelt, die Mehrzahl der Zellen in Fortsätze ausgezogen, sehr blass und mit kleinen elliptischen, mit Carmin roth sich imbibirenden Kernen versehen.

Aus diesen Befunden ergiebt sich zunächst, dass die queren Scheiben, aus welchen das Mittelstück der Chorda des Amphioxus sich zusammensetzt, nicht als einfache Zellen betrachtet werden können, wie Quatrefages wollte, denn mit dieser Auffassung lässt sich der Befund nicht vereinbaren, welchen diese Scheiben auf Querschnitten in der Nähe des dorsalen und ventralen Vorsprungs darbieten. Ebensowenig ist die Ansicht von Max Schultze und Kowalevski haltbar, nach welcher die Chorda des Amphioxus blos aus Intercellularsubstanz bestehen soll, welche der letztere Beobachter von der Scheide abgesondert werden lässt. Die im Bereich des dorsalen und ventralen Vorsprungs vorhandene Zellenschicht haben beide Beobachter übersehen. Die Kerne, welche Kowalevski in der Chordascheide beschreibt und abbildet, sind ganz sicher zu keiner Zeit vorhanden, denn die Cuticula der Chorda des Amphioxus verhält sich in allen wesentlichen Punkten übereinstimmend mit jener der Cranioten.

Versucht man, auf Grund des thatsächlichen Befundes eine Theorie des Baues der Chorda bei Amphioxus zu gewinnen, so muss diese Theorie 1) die Verschiedenheit des Bildes der Chorda auf Quer- und Längsschnitten, 2) die Zunahme des Organs nach den drei Dimensionen des Raumes während seines Wachsthums zu erklären vermögen. Dieser Forderung genügt die Vorstellung, dass die Chorda des Amphioxus ursprünglich aus Zellen besteht, deren Abkömmlinge längs der dorsalen und ventralen Fläche des Organs, besonders reichlich aus später zu erörternden Gründen längs ersterer, das ganze Leben hindurch in deutlicher Sonderung sich erhalten. Diese Zellen sind sehr blass, sie besitzen Fortsätze, welche theils an analoge Fortsätze anderer Zellen, theils an die gegenüberliegende Wand der Chorda sich ansetzen, und scheiden eine flüssige Intercellularsubstanz aus. Im Bereich des dorsalen und ventralen Vorsprungs stehen diese Zellen mit ihren Fortsätzen locker, gegen das Mittelstück zu drängen sie sich dichter aneinander und zeigen zugleich die Neigung, in der Querrichtung des Organs untereinander zu verschmelzen, während in der zur Längsachse des

Körpers senkrechten Richtung eine Abscheidung fester Intercellularsubstanz auf Kosten des Protoplasma erfolgt. Aus dieser Vorstellung erklärt sich: 1) die Scheibenbildung im Mittelstück des Organs. Die glänzenden Körperchen, welche als erste Andeutung der zukünftigen Scheiben bei dem Embryo des Amphioxus auftreten, entsprechen verschmolzenen Zellen, welche bereits eine feste, stark lichtbrechende Intercellularsubstanz abgeschieden haben; 2) das blasse Aussehen der Scheiben im Querschnitt im Imbibitionspräparat, da auf diesem nur dünne Schichten imbibionsfähigen Protoplasmas zur Wirkung kommen können; 3) deren viel stärkere Imbibition auf dem Längsschnitt, da hier der zwischen den verdickten Wänden der Scheiben noch vorhandene Protoplasmarest auf beträchtlichere Tiefe zur Wirkung gelangt; 4) die zarte Streifung, welche man auf Querschnitten des Mittelstücks wahrnimmt. Die einzelnen Linien zeigen die Grenzen der ursprünglich isolirten Zellen an, durch deren Verschmelzung die Scheibenbildung zu Stande gekommen ist, womit der gegenseitige, durchschnittlich 0,002—0,003 betragende Abstand dieser Linien gut in Uebereinstimmung ist; 5) die allmälig deutlicher werdende Sonderung der einzelnen Bestandtheile der Scheiben an den Uebergangsstellen in die Zellenlager des dorsalen und ventralen Vorsprungs; 6) die conische Gestalt der Enden, mit welchen auf horizontalen Längsschnitten die Scheiben an die Cuticula sich ansetzen. Sie stellen die protoplasmareicheren Reste der verschmolzenen Zellen dar und zeigen aus diesem Grunde lebhafteres Imbibitionsvermögen.

Auch das Wachsthum der Chorda des Amphioxus lässt sich unter Zugrundelegung dieser Theorie mit dem thatsächlichen Befund in den nothwendigen Einklang bringen. Das Wachsthum in die Breite erklärt sich aus einer Anbildung neuer Substanz durch Vermittlung des Protoplasmarestes, welcher am Rand der Scheiben sich erhält; das Wachsthum in die Höhe aus einer Anlagerung neuer Zellen an die bereits verschmolzenen und in dieser Beziehung erhält der allmälige Uebergang der Scheiben in das Netz isolirter Zellen am dorsalen und ventralen Ende des Organs eine besondere Bedeutung. Das Wachsthum in die Länge endlich lässt sich nur erklären durch die Annahme einer Einschiebung neuer Zellenreihen zwischen die zu Scheiben bereits verschmolzenen, denn der Durchmesser der Scheiben weicht bei älteren Thieren von jenem jüngerer nicht erheblich ab. Mit dieser Annahme stehen nicht nur die Beobachtungen Kowalevski's im Einklang, nach welchen in frühen Entwicklungsstadien neue glänzende Körper zwischen die bereits vorhandenen sich einschieben, sondern es erklärt dieselbe auch das Auftreten spindelförmiger Räume im Verlauf der

Chorda, da das Eindringen neuer Zellenreihen zwischen die aneinanderliegenden Scheiben an der Stelle, wo letztere auseinandergedrängt werden, den Anschein eines spindelförmigen, von glänzenden Contouren eingefassten Raumes erzeugen muss.

Vergleicht man die Chorda des Amphioxus [1]) mit jener der Cranioten, so ergiebt sich, dass das Organ im Verlauf der Transmutationen, welche zur Entstehung der höheren Wirbelthiere geführt haben, beträchtliche Veränderungen erfahren hat. Vererbt hat sich auf sämmtliche Cranioten die Neigung der peripherischen Zellenschicht zur Cuticularbildung, vererbt hat sich ferner auf Fische und Cyklostomen die Neigung der älteren Zellen zur Abscheidung fester Intercellularsubstanz, da die Uebereinstimmung in den Eigenschaften das Chordaband dieser Thiere als das Aequivalent der Scheibenbildung im Mittelstück der Chorda des Amphioxus betrachten lässt. Verloren gegangen ist die Neigung der älteren Zellen zur Verschmelzung, verloren gegangen ist ferner die Fähigkeit zur Ausscheidung einer flüssigen Intercellularsubstanz, während die Abscheidung einer gallertigen Flüssigkeit im Innern der Zellen eine zugleich mit deren grösserer Selbständigkeit neu erworbene Eigenthümlichkeit darstellt.

Ueber das Vorhandensein und die Beschaffenheit einer Chordascheide und deren Beziehung zur Wirbelbildung bestehen ungleich grössere Differenzen zwischen den Angaben der einzelnen Beobachter als über die Chorda selbst.

v. Bär [2]) hat zuerst von einer Chordascheide gesprochen und damit den hellen, glasartig durchsichtigen Raum bezeichnet, welcher in den ersten Bebrütungstagen die Chorda des Hühnchens rings umgiebt. Er findet die Festigkeit auffallend, welche diese glashelle Masse hat, und giebt an, dass am 3. Tag die Rückensaite mit einiger Vorsicht aus der Scheide sich ziehen lasse, während vom 4. Tag an der Versuch ziemlich leicht gelinge.

Joh. v. Müller [3]) hat die Bezeichnung Bär's auf die Hülle übertragen, welche die Chorda der Cyklostomen und Fische umgiebt und zugleich an dieser Hülle zwei Schichten unterschieden: eine innere fibröse, der Chorda eigenthümliche, und eine äussere häutige, welche

1) Den nahe liegenden Vergleich mit dem Chordarudiment der Ascidien unterlasse ich, da die zur Zeit über letzteres vorliegenden Angaben weder unter sich, noch mit dem übereinstimmen, was ich selbst an Amaurucium proliferum beobachtet habe.

2) Ueber Entwicklungsgeschichte der Thiere. Königsberg 1828. I. p. 16.

3) Vergleichende Anatomie der Myxinoiden p. 74. Vergleichende Neurologie der Myxinoiden p. 64.

erstere umgiebt und, bei den Cyklostomen nach oben sich fortsetzend, allein das Rückenmarksrohr bildet. Er beschreibt die erstere Scheide als ein fibröses, aus Ringfasern gebildetes Rohr und giebt an, dass sie so wenig als das Gewebe der Chorda selbst bei irgend einem Thier verknöchere. Die äussere Scheide ist nach Joh. v. Müller bei den Cyklostomen bindegewebig, bei den Chimären und Haien ist sie der Sitz von Ossificationen, welche mit den paarigen Wirbelstücken in gar keinem Zusammenhang stehen.

Leydig [1] hat die Beschreibung Müller's durch den Nachweis erweitert, dass bei dem Stör die innere Scheide aus zwei Lagen sich zusammensetzt, einer inneren, welche bei der Behandlung mit verdünnten Säuren oder Alkalien wie Bindegewebe aufquillt, und einer äusseren, welche die Eigenschaften einer elastischen Membran besitzt.

Mit diesen Angaben Leydig's lassen sich die Beobachtungen Kölliker's [2] nicht vereinbaren. In seiner ersten Mittheilung über die Wirbelbildung der Selachier lässt Kölliker die Chorda von einer inneren elastischen Haut, Elastica interna, umgeben sein, welche sich bei Ganoiden und Elasmobrachiern in weiter Verbreitung findet. Sie soll aus einem dichten Netzwerk von Fasern bestehen, welche chemisch und zum Theil auch mikroskopisch mit elastischen Fasern ganz übereinstimmen, und in ihren ausgeprägtesten Formen von den schönsten elastischen Netzhäuten des Menschen in nichts verschieden sind. Kölliker unterscheidet von ihr die bindegewebige Scheide, Tunica fibrosa, als eigentliche Scheide der Chorda, welche allein an der Wirbelbildung sich betheiligt. Sie grenzt sich durch eine Elastica externa von der anliegenden skeletbildenden Schicht ab. In seiner zweiten Mittheilung bezeichnet Kölliker die Elastica interna als die eigentliche oder innere Chordascheide und unterscheidet die Tunica fibrosa als äussere, wendet mithin in zwei kurz auf einander folgenden Abhandlungen dieselbe Bezeichnung auf zwei verschiedene Schichten an. Die Tunica fibrosa besteht im jugendlichen Zustand stets aus einer Bindesubstanz mit spindelförmigen Zellen. Die Chordascheide der Cyklostomen, Ganoiden und Teleostier besteht nach Kölliker aus denselben drei Lagen wie jene der Selachier, sie unterscheidet sich aber von dieser sehr wesentlich dadurch, dass die Faserschicht nie Zellen enthält. Nur Lepidosteus soll hievon eine Ausnahme machen, Kölliker vermu-

1) Anatomisch-histologische Untersuchungen über Fische und Reptilien. Berlin 1853. p. 3.

2) Verhandlungen der physikalisch-medizinischen Gesellschaft zu Würzburg X. 1860. p. 193. — Weitere Beobachtungen über die Wirbel der Selachier. Frankfurt a/M. 1864. p. 28 ff.

thet aber, dass bei diesem Thier die Zellen erst secundär durch die Spalten der Elastica interna in die Chordascheide eingewandert seien. Kölliker betrachtet alle zellenlosen Chordascheiden als Ausscheidungen der Chordagallerte, weil 1) ein allmäliger Uebergang von den einfachsten Chordascheiden der Vögel und Säugethiere zu den ausgebildetsten Formen der Cyklostomen und Ganoidei chondrostei stattfindet; 2) weil bei den Teleostiern die Chordascheide anfangs ein dünnes Häutchen sei, das durch Ablagerung von innen sich verdickt. Nach seiner Auffassung stellen die Chordascheiden der Säuger, Vögel, beschuppten Amphibien und auch die der Selachier den primären Zustand dieses Organs dar, die Chordascheiden der nackten Amphibien, die auch eine Elastica externa haben, ein mittleres Stadium und die der Teleostier, Ganoiden und Cyklostomen mit ihren drei Lagen die ganz ausgebildete Form.

Gleich Joh. v. Müller lässt Kölliker die Chordascheide an der Wirbelbildung sich betheiligen. Er unterscheidet bei den Plagiostomen die Fälle, in welchen der Wirbelkörper einzig und allein aus der Scheide der Chorda hervorgeht, jene, in welchen der Wirbelkörper sich zum Theil aus der Scheide der Chorda, zum Theil aus den verschmolzenen knorpligen Bogen bildet und drittens die Fälle, in welchen der Wirbelkörper aus der Scheide der Chorda, einem Antheil der Bogen und aus Periostablagerungen sich bildet. Bei den Teleostiern unterscheidet Kölliker dieselben Fälle und giebt ausserdem an, dass die erste Ossification der Wirbel in der mittleren Lage der Chordascheide geschehe und immer aus einfacher osteoider zellenloser Substanz bestehe.

Gegenbaur [1] hat in seiner ersten Mittheilung den Angaben Leydig's hinzugefügt, dass auch bei den Amphibien eine Sonderung der inneren Chordascheide Müller's in zwei Lamellen in grosser Verbreitung vorkomme, während bei einem Theil derselben ähnlich wie bei den höheren Wirbelthieren nur eine Lamelle zur Entwicklung gelangt. Bezüglich der Betheiligung der Chordascheide an der Wirbelbildung bemerkt Gegenbaur, dass zur Annahme einer Ossification der Chordascheide eine Nöthigung nicht vorliege, da die sogenannte mittlere Schicht der Chordascheide, in der bei Selachiern und Chimären Ossificationen (Knorpelknochen) auftreten, als ein sehr frühzeitig von der übrigen skeletbildenden Schicht sich ablösender Theil aufgefasst werden kann, welcher dann durch eine dünne äussere Lamelle von der übrigen skeletbildenden Schicht geschieden wird.

1) Untersuchungen zur vergleichenden Anatomie der Wirbelsäule. Leipzig 1862. p. 58. — Jenaische Zeitschrift III. 1867. p. 359 und V. 1869. p. 43.

In seiner späteren Mittheilung weist GEGENBAUR die Unhaltbarkeit der Angaben KÖLLIKER's über Lepidosteus nach, modificirt aber zugleich seine frühere Vermuthung über die Bedeutung der sogenannten mittleren Chordascheide, indem er versucht, die zwischen der Elastica interna und externa KÖLLIKER's liegende Schicht zellenhaltiger Bindesubstanz oder Knorpels von der Rindenschicht der Chorda abzuleiten. Indem die Zellen der letzteren nicht blos einseitig, nur auf der äusseren Oberfläche, sondern in ihrem ganzen Umfang Intercellularsubstanz abscheiden, werden die anfänglich wie die Formelemente der Matrix dicht bei einander liegenden Zellen durch die von ihnen gebildete Intercellularsubstanz getrennt und es entsteht ein Gewebe, welches je nach der Beschaffenheit seiner Formelemente und der diese umschliessenden Intercellularsubstanz Bindegewebe oder Knorpel sein wird. Er bezeichnet als Chordascheide die Umhüllungen der Chorda, welche derselben ausschliesslich angehörend sich in ihrer ganzen Länge erstrecken, ohne in die Bogenbildungen der Wirbel überzugehen. Es gehören dazu wesentlich Theile, welche den Wirbelkörpern zu Grunde liegen. Er findet bei den Ganoiden, Teleostiern und Cyklostomen die zwei von LEYDIG beschriebenen Lamellen, in unmittelbarer Umgebung der Chorda eine helle, weichere, und weiter aussen eine elastische und betrachtet erstere als eine Cuticularmembran, deren Matrix die Rindenschicht der Chorda bildet. Er beschreibt die concentrische Schichtung und radiäre Strichelung dieser Cuticularmembran und deutet letztere als den Ausdruck von Porencanälen, welche gleichmässig die Schichte durchziehen.

Für die Chorda des Hühnchens gaben REMAK, KÖLLIKER, ROBIN und HIS übereinstimmend an, dass sie von einer structurlosen Scheide umgeben sei, welche in gleicher Weise den Säugethieren zukommt und nach REMAK beim Hühnchen vom 5., nach HIS vom 3. Tag an auftritt.

DURSY widerspricht diesen Angaben. Nach ihm existirt weder bei dem Menschen noch bei den Säugethieren zu irgend einer Zeit des fötalen Lebens weder eine eigentliche glashelle, noch eine körnige, noch eine fasrige Scheide. Auch beim Hühnchen giebt es keine Chordascheide und der dafür gehaltene Canal lässt sich leicht vom ersten Anfang seiner Bildung verfolgen. Als Grund für diese Behauptung führt DURSY an, dass, wenn die Chorda einmal aus ihrer Umgebung herausfällt oder herausgedrückt wird, dann der ganze zurückbleibende Chordacanal lediglich nur als eine unmittelbar von Knorpelgewebe umgebene wasserhelle Lücke erscheint, ohne alle Structur, an welcher sich auch am gehärteten und selbst an noch so intensiv gefärbten Durchschnitten weder ein innerer, noch ein äusserer Contour nachweisen lässt.

Ich habe zur Prüfung dieser Angaben dieselben Thiere benützt,

welche zur Untersuchung der Chorda selbst gedient hatten. Zunächst habe ich die Beschaffenheit der Gewebsschicht, welche der Chorda unmittelbar anliegt, bei den verschiedenen Wirbelthierclassen festzustellen gesucht.

Bei Amphioxus wird die Chorda rings von einer mattglänzenden hellen Hülle umgeben. Ihre Dicke bestimmte ich bei Exemplaren von 18 Mm. Länge zu 0,006, bei solchen von 40 Mm. zu 0,01. Bei stärkerer Vergrösserung erschien diese Hülle sehr fein parallel gefasert, ausserdem war sie von dichtstehenden hellen Streifen und in grösseren Abständen von feinen Fasern in radiärer Richtung durchsetzt. Mit Carmin färbte sich die Hülle ungemein blass, zellige Elemente liessen sich in ihr weder bei jüngeren noch bei älteren Thieren nachweisen. Mit verdünnten wässrigen Säuren oder Alkalien behandelt quoll das Gewebe in ähnlicher Weise wie die Substanz der Querscheiben; im polarisirten Licht untersucht zeigte es dieselbe Doppelbrechung wie letztere. An den Stellen, an welchen der dorsale Vorsprung an das Mittelstück der Chorda sich ansetzt, zeigte diese Hülle ein sehr merkwürdiges Verhalten, indem sie von 0,006 weiten Oeffnungen senkrecht durchsetzt wurde. Diese Oeffnungen sind auf Querschnitten der Chorda schwer wahrzunehmen, leichter auf senkrechten oder horizontalen Längsschnitten; auf letzteren sieht man sie zu beiden Seiten der Mittellinie in einem Querabstand von 0,11 und in einem Längenabstand von je 0,5 die Cuticularschicht der Chorda senkrecht durchsetzen. Ich halte diese Oeffnungen für Vorrichtungen, durch welche der Zutritt von Ernährungsflüssigkeit zu dem das Wachsthum der Chorda in späterer Zeit hauptsächlich vermittelnden Abschnitt erleichtert wird.

Bei den Cyklostomen lag der Rindenschicht der Chorda eine schwach lichtbrechende Hülle unmittelbar an. Sie war constant längs der Bauchfläche der Chorda dicker als längs der Dorsalfläche; ihr Durchmesser schwankte dem entsprechend bei jungen 7 Centimeter langen Flussbricken zwischen 0,02 und 0,06, bei erwachsenen Flussbricken zwischen 0,08 und 0,14, bei Myxine zwischen 0,06 und 0,1. Die Hülle zeigte die von Gegenbaur beschriebene parallele Streifung und senkrechte Strichelung, letztere an der dorsalen Fläche constant viel deutlicher als an der ventralen. Die einzelnen Striche standen in Abständen von 0,001—0,003 und waren durch dunklere Zwischenräume getrennt, am Kopfende der Chorda von Myxine standen sie so dicht und waren so ausgesprochen, dass sie an den Anblick von Zahnröhrchen erinnerten. Ausserdem wurde auch bei diesem Thier die Hülle von radiär verlaufenden, an der Peripherie sich verbreiternden feinen Fibrillen durchsetzt. Mit Carmin färbte sie sich in ganzer Ausdehnung

Digitized by Google

blass und liess auch nach Anwendung von Eisessig nirgends zellige Elemente erkennen. Mit verdünnten wässrigen Säuren oder Alkalien behandelt quoll sie beträchtlich, im polarisirten Licht zeigte sie starke Doppelbrechung.

Von Haien untersuchte ich ausser den schon erwähnten Thieren noch 17 Centimeter lange Embryonen von Scymnus lichia, welche noch äussere Kiemen besassen.

Bei den 3 Centimeter langen Embryonen von Acanthias vulgaris war die Rindenschicht der Chorda rings von einer mattglänzenden hellen Hülle umgeben. Sie war an der Dorsalfläche 0,004, an der Bauchfläche 0,006 dick und zeigte bei starker Vergrösserung eine sehr feine parallele Streifung und an der Dorsalseite Andeutung einer radiären Strichelung. Mit Carmin färbte sie sich sehr blass und liess nirgends zellige Elemente erkennen. Im polarisirten Licht erwies sie sich doppelbrechend, mit verdünnten Säuren und Alkalien liess sie sich etwas zum Aufquellen bringen.

Bei den älteren Embryonen von Acanthias setzten die Zellen der Rindenschicht der Chorda mit einem glänzenden stark radiär gestreiften Saum gegen die Hülle sich ab. Letztere war 0,02 im Mittel dick, wie früher leicht parallel gestreift und in radiärer Richtung gestrichelt, doppelbrechend und ohne Zellelemente. Mit verdünnten Säuren oder Alkalien konnte sie auch jetzt zum Aufquellen gebracht werden.

Bei den Embryonen von Scymnus lichia betrug die Dicke der Hülle 0,026; ihre Eigenschaften stimmten mit jenen bei Acanthias überein. Bei Mustelus betrug die Dicke 0,01; die Hülle war an den eingeschnürten Stellen wellig gebogen, sonst mit dem entsprechenden Organ von Acanthias und Scymnus übereinstimmend.

Von Teleostiern untersuchte ich 3 Centimeter lange Embryonen vom Lachs. Die Chorda zeigte bei allen Exemplaren eine flache Einbuchtung über der Aorta, längs welcher die flachen Zellen der Rindenschicht protoplasmareicher waren als im übrigen Umfang. Die Rindenschicht war umgeben von einer mattglänzenden Hülle, deren Dicke dorsalwärts 0,006, ventralwärts 0,008 betrug. Sie zeigte Andeutung einer concentrischen und radiären Streifung, im polarisirten Licht erwies sie sich als doppelbrechend, beim Behandeln mit verdünnten Säuren und Alkalien liess sie sich zu leichtem Aufquellen bringen. Zellige Elemente enthielt sie nirgends.

Von Amphibien untersuchte ich den Frosch und Salamander. Bei Rana temporaria erschien die Chorda erst bei Larven von 6 Mm. Länge, welche das Ei schon einige Zeit verlassen hatten, von einer mattglänzenden homogenen Hülle von 0,0005 umgeben. Diese Hülle nahm sehr

langsam während der weiteren Entwicklung an Dicke zu, so dass sie bei Larven von 35 Mm. Länge, welche ihre vier Extremitäten bereits entwickelt hatten, nur 0,004 maass. Ihre Beschaffenheit stimmte mit jener der Fische überein; sie erwies sich doppelbrechend, liess sich durch wässrige Säuren und Alkalien zum Aufquellen bringen, färbte sich mit Carmin sehr blass und enthielt nirgends zellige Elemente.

Bei Salamandra maculata war die Hülle an Embryonen von 1 Centimeter vollkommen deutlich, 0,005 dick, während sie bei Embryonen von 3 Centimeter bis 0,01 zugenommen hatte. Sie besass bei letzteren welligen Verlauf; ihre Beschaffenheit stimmte mit jener beim Frosch überein.

Bei dem Hühnchen beobachtete ich das Auftreten eines homogenen feinen Saums um die Chorda zuerst im Verlauf des vierten Bebrütungstags. Er war 0,001 dick. Seine Dicke nahm bis zum 10. Bebrütungstag allmälig bis 0,005 zu. Er setzte sich gegen die umgebenden Wirbelanlagen mit einem blassen aber deutlichen Contour ab, mit der Rindenschicht der Chorda hing er fest zusammen. Er liess sich durch Silbersalpeter bräunlich, durch Carmin sehr blass rosenroth färben und entbehrte zelliger Elemente, mit wässrigen Säuren oder Alkalien quoll die Substanz wenig, mit Hülfe von Glimmer liess sich an ihr schwache Doppelbrechung nachweisen.

Bei den untersuchten Säugethieren fand sich eine Hülle von gleicher Beschaffenheit wie bei dem Huhn um die Chorda, nur war sie mächtiger entwickelt. Ihre Dicke betrug bei dem Schweinsfötus von 18 Mm. 0,016, bei dem Schaf von 4 und 7 Centimeter 0,012; sie hatte demnach bei den jüngsten Embryonen, welche mir zu Gebote standen, das Maximum ihrer Entwicklung schon erreicht.

Aus diesen Beobachtungen geht hervor, dass bei allen Wirbelthieren die Chorda von einer Hülle umgeben wird, welche keine zelligen Elemente eingelagert enthält. Diese Hülle ist von fester Beschaffenheit, denn die Eigenschaften der Quellung und der Doppelbrechung lassen sich nur mit der Annahme einer festen Beschaffenheit vereinbaren. Damit fallen die Einwendungen, welche Dursy gegen das Vorhandensein einer solchen Hülle erhoben hat, als unbegründet zu Boden. Die Eigenschaften, welche diese Hülle darbietet, sind bei allen Wirbelthieren im Wesentlichen übereinstimmend und von jenen des elastischen Gewebes verschieden. Daraus ergiebt sich die Unhaltbarkeit der Angaben Kölliker's, welcher seine Elastica interna der Chorda unmittelbar aufsitzen lässt. Die der Chorda eigenthümliche Hülle hat Kölliker bei den Haien übersehen; ihre Aussenfläche erst wird von dem inneren elastischen Saum Leydig's überzogen. Was Kölliker bei den Cyklosto-

men und Teleostiern überhaupt beobachtet hat, lässt sich aus der confusen Beschreibung gar nicht entnehmen. Damit ist zugleich die Unmöglichkeit erwiesen, die Chordahülle der höheren Wirbelthiere mit der Elastica interna der Haie zu identificiren oder die Zellen der Tunica fibrosa von den Zellen der Rindenschicht der Chorda abzuleiten, wie Gegenbaur versucht hat, um die falschen Angaben Kölliker's zu erklären.

Diese Hülle zeigt bei den Cyklostomen und theilweise bei den Fischen eine sofort in die Augen fallende Abhängigkeit von der Rindenschicht der Chorda, indem ihr Wachsthum längs der Abschnitte beträchtlicher ist, in welchen der Protoplasmareichthum der Chordazellen längere Zeit sich erhält. Diese Thatsache führt im Zusammenhalt mit dem Umstand, dass die Hülle eigener Zellelemente entbehrt und bei den niederen Thieren nach aussen an eine elastische Membran grenzt, zu der Annahme, dass die der Chorda eigenthümlich angehörende Hülle eine Cuticularbildung darstellt, deren Matrix, wie Gegenbaur zuerst richtig hervorgehoben hat, in der protoplasmareichen Rindenschicht, nicht aber, wie Kölliker will, in der Gallerte der Chorda gesucht werden muss. Es wird sich dem entsprechend empfehlen, zur Vermeidung der Missverständnisse, zu welchen der Gebrauch der Bezeichnung Chordascheide in einem engeren und weiteren Sinne geführt hat, diese Hülle künftig als Cuticularschicht der Chorda, Cuticula chordae, zu bezeichnen. Mit Gegenbaur halte ich die radiäre Strichelung, welche die Cuticularschicht bei den niederen Wirbelthieren sehr verbreitet zeigt, für den Ausdruck senkrecht sie durchsetzender Porencanäle und die parallele Faserung für den Ausdruck eines mit Unterbrechung vor sich gehenden Wachsthums.

Bei den Cyklostomen, Fischen und wenigstens einem Theil der Amphibien wird die Cuticularschicht der Chorda von einer elastischen Hülle umgeben. Sie stellt einen bei den Cyklostomen 0,002, bei den Fischen und Amphibien 0,001 dicken, stark glänzenden Saum dar, welcher gegen Reagentien, namentlich gegen verdünnte Säuren und Alkalien indifferent sich verhält. Bei Myxine und Petromyzon wird diese elastische Membran von zahlreichen queren Spalten durchbrochen, welche in Abständen von durchschnittlich 0,012 auf einander folgen. Die Spalten sind bis 0,06 lang bei einer Breite von 0,002. Bei den Haien sind die Spalten geräumiger und werden es noch mehr im Verlauf der Entwicklung. Diese elastische Hülle ist identisch mit der elastischen Schicht der Chordascheide Leydig's und mit der Elastica interna Kölliker's, denn auf sie folgen bei den Haien die ringförmigen Lagen verkalkenden Faserknorpels. Sie ist ganz allgemein in genetische Beziehung zur Chorda gebracht worden, ohne dass irgend ein Beobachter

auch nur versucht hätte, diese Auffassung zu begründen. Sie zeigt nun bei Cyklostomen und Haien am Kopfende der Chorda ein Verhalten, welches mit dieser Annahme sich nicht vereinbaren lässt. Bei Myxine wird das Kopfende der Chorda beiderseits von hyalinem Knorpel mit grün gefärbter Intercellularsubstanz eingefasst, während dorsal- und ventralwärts wie im übrigen Verlauf der Wirbelsäule straffes Bindegewebe sich findet. Soweit letzteres reicht, zeigt der elastische Ueberzug der Cuticularschicht das gewöhnliche Verhalten. Dagegen ändert er seine Beschaffenheit an den Stellen, an welchen die Cuticularschicht an den Knorpel anstösst, indem er in ein lockeres Netz feiner elastischer Fasern sich auflöst, welche stellenweise sich verbreitern und in den Verbreiterungen schmale Kerne führen.

Eine weitere Beobachtung hatte ich Gelegenheit an sagittalen Längsschnitten durch die Schädelbasis von Mustelus zu machen. Die Chorda verläuft bei diesem Thier durch den Basilarknorpel, um an der hinteren Fläche der Sattellehne sich zu erheben und aus dem Knorpel in die untersten Lagen des Perichondrium überzutreten, in welchen sie mit hakenförmiger Krümmung um die Spitze des Clivus verläuft (vergl. Taf. IX, Fig. 6). Soweit das Organ im Inneren des Hyalinknorpels der Schädelbasis verläuft, grenzt die Cuticularschicht an den Knorpel, ohne dass eine elastische Membran oder ein Netz elastischer Fasern entwickelt wäre. Sobald die Chorda im Perichondrium der Sattellehne zu liegen kommt, zeigt sich sofort die Cuticularschicht von einem dichten Netz glänzender elastischer Fasern umsponnen. Diese Beobachtungen lassen auf einen Einfluss des umgebenden Gewebes auf die Entwicklung der inneren elastischen Hülle schliessen und erklären sich einfach aus der Annahme, dass die Neigung zur Bildung elastischer Grenzsäume im Bindegewebe und Faserknorpel grösser ist als im Hyalinknorpel. Damit lässt sich die Thatsache wohl vereinbaren, dass die Bildung elastischer Grenzsäume aufhört, wenn statt des Faserknorpels Hyalinknorpel zur Bildung der innersten Partien der Wirbelanlagen verwendet wird, wie dies bei den höheren Wirbelthieren der Fall ist.

Mit dieser Auffassung stehen die Beobachtungen im Einklang, welche ich über die Entwicklung der Wirbel beim Frosch gewonnen habe. Bei diesem Thier sondert sich, noch ehe die Embryonen das Ei verlassen, die Chorda von den Urwirbeln, die Folge dieser Sonderung ist das Auftreten eines glashellen leeren Raums um die Chorda. Er entspricht dem glashellen Raum, welchen v. Bär beim Hühnchen beobachtet hat und welcher im Laufe des zweiten Bebrütungstags bei diesem Thier leicht zu constatiren ist. Dieser Raum wird aber nicht von einer festen glashellen Substanz eingenommen, wie v. Bär irrthümlich

meinte, sondern er ist mit klarer Lymphe gefüllt. In diesen Raum wachsen von den Adventitien der beiden primitiven Aorten aus spindelförmige Zellen, welche durch ihren geringen Pigmentgehalt von den Zellen der Urwirbel sofort sich unterscheiden. Sie umwachsen die Chorda zunächst seitlich und liefern die Anlagen der Wirbelbogen, erst später umwächst die innerste Schichte die Chorda auch oben und unten unter Bildung einer concentrischen aus spindelförmigen Zellen bestehenden Umhüllung. Diese Umhüllung ist es, welche durch ein membranartiges Netz feiner elastischer Fasern von der Cuticularschicht der Chorda nach Innen und durch ein viel lockereres von den Wirbelbogen nach Aussen sich abgrenzt, um später in ganz analoger Weise wie bei den Haien mit Kalksalzen sich zu imprägniren. Diese Faserknorpellage entspricht der Tunica fibrosa Kölliker's, sie hat genetisch mit der Chorda nicht das Geringste zu thun, sondern entspricht einem Abschnitt des skeletbildenden Gewebes, welcher gegenüber den Bogen bis zu einem gewissen Grad selbständig sich entwickelt.

Bei der Uebereinstimmung, welche in dem Bau der embryonalen Wirbel zwischen dem Frosch und den Haien besteht, zweifle ich nicht, dass die methodische Untersuchung früher Entwicklungsstadien auch für letztere den Beweis liefern wird, dass die bisher sogenannte äussere Chordascheide von den bindegewebigen Adventitien der Aorten abstammt, zur Chorda und den Urwirbeln dagegen in keiner genetischen Beziehung steht. Sie wird dem entsprechend zweckmässig als centraler oder perichordaler Abschnitt der Wirbelanlagen den peripherischen Abschnitten gegenüber gestellt werden. Es bedarf kaum des ausdrücklichen Hinweises auf die Uebereinstimmung, welche zwischen den Resultaten der Beobachtung am Frosch und den Resultaten besteht, welche His am Hühnchen gewonnen hat, welcher das Verdienst hat, die genetischen Beziehungen des die Chorda umwachsenden Gewebes (der Wirbelanlagen) für dieses Thier richtig erkannt zu haben.

by Google

2. Ueber Entwicklung und Bau der Hypophysis und des Processus infundibuli cerebri.

1. Geschichtlicher Ueberblick.

Die Angaben, welche über die der Entwicklung der Hypophysis zu Grunde liegende Formfolge vorhanden sind, lassen sich in vier Gruppen bringen.

Die erste Gruppe begreift jene Beobachter, welche die Hypophysis als einen modificirten Hirntheil betrachten und aus dem hinteren Ende des Zwischenhirns, dem Trichter, hervorgehen lassen. In der vergleichenden Anatomie ist diese Ansicht für die Fische, Amphibien und Reptilien noch in den Arbeiten von Joh. v. Müller und Stannius festgehalten. In der Entwicklungsgeschichte ist es zunächst Huschke[1], welcher die Hypophysis aus einer Anschwellung des Endes vom Trichter, in welchem er das eigentliche Ende des Rückenmarks sah, hervorgehen liess. Diese Anschwellung solle sich in einen vorderen und hinteren Abschnitt, ganz entsprechend dem Rückenmark, theilen und dadurch die beiden aneinanderliegenden Lappen der Hypophysis bilden.

v. Bär[2]) giebt an, dass man beim Hühnchen am siebenten Tag der Bebrütung an der Spitze des Trichters ein kleines Knöpfchen beobachte, den Hirnanhang, welcher noch wenig vom Trichter getrennt sei und vielleicht einer Verwachsung der Spitze des Trichters seine Entstehung verdanke. Bei der Schilderung der Befunde, welche das Hühnchen am 11. bis 13. Bebrütungstag darbietet, erklärt v. Bär den Hirnanhang ausdrücklich für die abgestorbene Spitze des Trichters oder das ursprüngliche Ende der dritten Hirnhöhle. Bei der Besprechung der Entwicklungsvorgänge im Batrachierei erwähnt er ferner als einer selbstverständlichen Beobachtung, dass es das Zwischenhirn sei, dessen Höhle nach unten in den Hirnanhang sich verlängere.

Nach F. Schmidt aus Kopenhagen[3]) sitzt die Hypophysis am Schlusse des dritten Monats noch dicht am Rande der kleinen kreisrunden Oeffnung am Boden der Zwischenhirnblase, der Höhle des Trichters, an. Der Trichter beginne aber nun sich zu verlängern und zuzuspitzen; es sei richtig, dass seine Höhle anfangs mit der ebenfalls hohlen Hypophysis communicire, am Schlusse des vierten Monats sei sie jedoch verschlossen.

---

1) Schädel, Hirn und Seele. Jena 1854.

2) Ueber Entwicklungsgeschichte der Thiere. I. p. 104 u. 130. II. p. 298. 1828 und 1837.

3) Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie. 1862. Bd. XI. p. 43.

Die zweite Gruppe umfasst jene Beobachter, welche die Hypophysis aus einer Ausstülpung des Schlunddrüsenblatts hervorgehen lassen. Diese Ansicht ist zuerst von Heinrich Rathke[1] im Jahre 1838 ausgesprochen worden. Nach Rathke findet man in einer sehr frühen Zeit des Fruchtlebens ganz hinten in der Mundhöhle unterhalb der Grundfläche des Schädels eine kleine unregelmässig rundliche Vertiefung, die der Schleimhaut des Mundes angehört und offenbar eine blinde Ausstülpung derselben bildet. Diese Vertiefung bezeichnet den ersten Schritt zur Bildung des Hirnanhangs. Sie bildet sich unter dem hintersten Theil des Hirntrichters, dringt darauf, indem sie an Tiefe zunimmt, durch das Bildungsgewebe, welches zwischen den beiden paarigen Fortsätzen der Chorda in einer mässig dicken Schicht abgelagert ist, schräg nach oben und etwas nach hinten hindurch und stellt zu einer gewissen Zeit, namentlich bei der Natter, der Eidechse und dem Hühnchen, eine kurze blinde Röhre mit einem recht weiten Eingang dar. Mit ihrer oberen Hälfte liegt dieselbe der vorderen Seite des unpaaren Fortsatzes der Chorda an, erscheint mit ihm auch verwachsen, ist mit ihrem blinden Ende ein wenig nach vorne umgebogen und berührt mit diesem Ende das stumpfe Ende des Trichters. Etwas später entsteht an dem Eingang in das Röhrchen vor demselben eine halbmondförmige Falte der Mundhaut, die sich, an Breite zunehmend, über ihn als eine Klappe immer weiter nach hinten herüberzieht und ihn dadurch immer mehr verdeckt. Ist dies geschehen, so schnürt sich das Röhrchen von der Mundhaut ab; es verschliesst sich die Lücke in der Grundfläche des Schädels und es verzieht sich die erwähnte Falte bis zum Verschwinden. Bei den Säugethieren ist der Bildungsvorgang des Hirnanhangs im Ganzen genommen derselbe wie bei den Reptilien und Vögeln. Auch bei den Fischen und Amphibien vermuthet Rathke dieselbe Entwicklungsweise wie bei den über ihnen stehenden Thieren, ohne jedoch dies endgültig feststellen zu können.

Luschka[2], welcher sich für die Richtigkeit der Angaben Rathke's ausspricht, führt zu deren weiterer Begründung an, dass er bei menschlichen Embryonen von 8 bis 12 Wochen in Ausnahmefällen inmitten des Schlundkopfgewölbes ein kleines Grübchen gefunden habe, welches in ein kurzes blind geendigtes Canälchen führte, dessen Einmündung in der Richtung von vorne nach hinten von einem zarten halbmondförmigen Schleimhautkäppchen zum Theil überlagert wurde. Die dem Körper des Keilbeins entsprechende Knorpelmasse zeigte auf sagittalen

1) Archiv für Anatomie und Physiologie. 1838. Bd. V. p. 482.

2) Der Hirnanhang und die Steissdrüse. Tübingen 1858.

Durchschnitten keine Reste einer Ausstülpung der Schlundwand gegen den Schädel. Luschka führt zweitens eine menschliche Missgeburt mit Spina bifida und Hernia diaphragmatica an, bei welcher die Glandula pituitaria eine zapfenartige, in den Keilbeinkörper sich erstreckende Verlängerung zeigte, während die Schleimhaut des Schlundkopfs in der Mittellinie eine $^3/_4$ Mm. breite rundliche Oeffnung besass, mit einem verdünnten, fast klappenartigen Rand am vorderen Umfang, durch welche eine feine geknöpfte Sonde in der Richtung nach vorwärts—aufwärts 2 Mm. tief eingeführt werden konnte. Die Continuität dieses Canals mit dem zapfenartigen Fortsatz der Glandula pituitaria konnte Luschka nicht erweisen, um das Präparat nicht zu verderben. Es liegt auf der Hand, dass bei dieser Sachlage weder der einen noch der andern Beobachtung Luschka's irgend ein Werth für die Erledigung der vorliegenden Frage beigemessen werden kann.

Nach Dursy [1]) tragen das Kopfende der Chorda und die allgemein bekannte Schlundausstülpung beide zur Bildung der Hypophyse bei. Es ist der Chordaknopf, welcher die Bildung der Hypophyse veranlasst, indem er von den Urwirbelplatten nur seitlich umfasst wird, nicht aber dorsal- und bauchwärts. Die Schädelbasis besitzt somit hier eine durch den Chordaknopf ausgefüllte Lücke, und durch diese erhält sich der schon von Anfang an bestehende innige Zusammenhang der Chorda mit dem Medullarrohr und dem Darmdrüsenblatt. Dabei wird schon sehr frühe in Folge der hier stattfindenden, anfangs spitzwinkligen Krümmung der Schädelbasis die betreffende Gegend der Schlundhöhle eingeklemmt und gewinnt im Medianschnitt das Ansehen einer spitzwinklig ausgezogenen Ausbuchtung des Drüsenblatts. Schliesslich vereinigen sich die Urwirbelplatten unter der Schlundfläche des Chordaknopfs zur Herstellung des die Sattelgrube tragenden Keilbeinstücks, sind aber nicht im Stande, die Anheftung der Schlundtasche an den Chordaknopf zu lösen, schliessen vielmehr dieselbe in Gestalt eines sagittal comprimirten Säckchens ein. Dabei erhält sich sein Zusammenhang mit der übrigen zelligen Schlundauskleidung noch längere Zeit in Gestalt eines Strangs. Das endlich völlig abgeschnürte Säckchen verdickt sich hierauf sehr bedeutend, nimmt auch an Umfang zu, wobei die sehr mächtig gewordene, aus Zellen bestehende Wand sich vielfach faltet. Seine Höhle zeigt dann an Sagittaldurchschnitten das Ansehen einer halbmondförmig gekrümmten Hauptspalte mit zahlreichen Ausläufern, die an Zahl fortwährend zunehmen, sich verästeln und schliesslich das

---

1) Zur Entwicklungsgeschichte des Kopfs. Tübingen 1869 und Mediz. Centralblatt 1868. No. 8.

Bild von Schläuchen und Blasen darbieten. Unterdessen nimmt auch die Masse des Chordaknopfs zu, umlagert das genannte Säckchen und verwandelt sich in dessen blutreiches Stroma, spielt also die Rolle des Darmfaserblatts. Dorsalwärts gelingt es den Urwirbelplatten nicht, den Chordaknopf vollständig zu umwachsen. Sie nöthigen jedoch den dem Knopf anhängenden Boden der vorderen Hirnblase zur Bildung einer Aussackung, welche allmälig durch die in das Diaphragma sellae turcicae sich umwandelnde Partie der Urwirbelplatten eingeklemmt, somit in den Trichter und den anfangs ebenfalls hohlen hinteren Hypophysenlappen abgetheilt wird.

Auch beim Hühnchen verhält sich nach Dursy der Vorgang der Hypophysenbildung ganz analog. Beim Menschen konnte Dursy nach vollzogener Abschnürung des Schlundsäckchens niemals eine Spur eines Restes desselben in Form einer in die Schlundhöhle sich öffnenden Grube oder Tasche wahrnehmen.

Auf Grund vergleichend-anatomischer Beobachtungen an Haien spricht sich v. Miclucho-Maclay für die Richtigkeit der Angaben Rathke's aus. Nach Maclay [1]) bietet das Verhalten der Hypophysis bei Selachiern das Interessante, dass bei vielen Haien (Scymnus, Acanthias, Notidanus und Anderen) der Zusammenhang der Glandula pituitaria mit der Mundhöhle deutlich persistirt. Es findet sich nämlich in der Schädelbasis dicht vor dem Sattel eine bei Embryonen einfache Oeffnung vor, durch welche ausser den Blutgefässen (Carotis interna) noch ein bindegewebiger Strang hindurchtritt, der, von der Hypophysis abgehend, einen Nachweis des früheren Zusammenhangs darbietet. Die Glandula pituitaria ist auch hier, wie Rathke für die frühesten Stadien der höheren Wirbelthiere beschreibt, ein abgeschlossenes sackförmiges Gebilde.

Als ein analoges Residuum der Rathke'schen Schlundausstülpung beim Menschen fasst Landzert [2]) einen bei Neugebornen in einer Verlängerung der Hypophysengrube des Keilbeins liegenden Fortsatz der Dura mater auf, welcher sich bisweilen bis zur unteren Fläche des Knochens erstreckt, gewöhnlich hohl ist, unten aber blind endigt.

Die dritte Gruppe enthält die Beobachter, welche die Hypophysis aus dem vorderen Ende der Chorda dorsalis hervorgehen lassen.

Reichert [3]) hat den Angaben Rathke's schon im Jahre 1840 widersprochen. Es gelang ihm nicht, beim Hühnchen die Ausstülpung der

1) Jenaische Zeitschrift für Medicin und Naturwissenschaften 1868. IV. p. 553.

2) Petersburger mediz. Zeitschrift 1868. Bd. XIV. Heft III. Henle's Jahresbericht für 1868. p. 86.

3) Das Entwicklungsleben im Wirbelthierreich. Berlin 1840. p. 179.

Schleimhaut der Mundhöhle in den Schädel zu beobachten, wodurch nach Rathke die Glandula pituitaria entstehen soll. Die Existenz einer rundlichen Grube an der unteren Fläche der Schädelbasis beim Hühnchen wie bei den Schlangen giebt Reichert zu, er fand jedoch hier keine Oeffnung, welche etwa eine Communication der Mund- und Schädelhöhle bilden würde, sondern konnte stets eine deutliche, wenn auch zarte Trennungswand freilegen, die mit den dickeren Seitentheilen des Schädels zusammenhing. Auch bemerkt Reichert, dass die Glandula pituitaria bereits vorhanden sei, wenn die bezeichnete, von der Mundhaut ausgekleidete Grube erst in der Bildung begriffen. Nach seinen Beobachtungen verkümmert die Chorda dorsalis zwischen den Urplatten des ersten Schädelwirbels sehr früh und das Residuum des vordersten Endes erhält sich als Glandula pituitaria, bis zu welcher noch einige Zeit der Strang der Wirbelsaite deutlich verfolgt werden kann.

His [1]), welcher über die Bildung der Hypophyse keine speciellen Untersuchungen besitzt, schliesst sich aus aprioristischen Gründen diesen Angaben Reichert's an. Nach der Analogie mit der Lösung der sonstigen Verbindungen zwischen Darm und Medullarrohr zweifelt er nicht, dass auch das vorderste röhrenförmig ausgezogene Ende des Darms schliesslich vom Gehirn sich trennt und von diesem sich zurückzieht. Die Hypophysis scheint auch His aus der Verbindungsmasse abgeleitet werden zu müssen, welche beide Theile ursprünglich zusammenhielt, d. h. aus dem vordersten Ende des Achsenstrangs, dem Endknopf.

In der vierten Gruppe bringe ich die Modificationen unter, zu welchen Rathke und Reichert an ihren ursprünglichen Angaben sich veranlasst gesehen haben. Rathke [2]) giebt auf Grund von späteren Untersuchungen am Hühnchen an, dass nicht der ausgestülpte Theil der Mundschleimhaut selbst zum Hirnanhang werde, sondern es entwickle sich dieser an jenem Theil dicht vor dem unpaaren Schädelbalken, worauf dann die Ausstülpung einschwinde und vergehe.

Auch Reichert [3]) erklärt in der zweiten Abtheilung seines Werkes über den Gehirnbau seine frühere Auffassung der Hypophysis als eines Productes der Chorda dorsalis für ungewiss, behauptet wiederholt auf Grund von Untersuchungen von A. Bidder, dass ein Hindurchtreten der Schleimhaut der Mundhöhle durch die Schädelbasis im Sinne Rathke's nicht stattfinde und spricht endlich die Vermuthung aus, dass die Glan-

1) Untersuchungen über die erste Anlage des Wirbelthierleibs. Leipzig 1868. p. 184.

2) Entwicklungsgeschichte der Wirbelthiere. Leipzig 1861.

3) Der Bau des menschlichen Gehirns. Leipzig 1861. II. Theil. p. 18.

dula pinealis und vielleicht auch die Glandula pituitaria als Wucherungen der Pia mater anzusehen seien.

Die Angaben, welche über die Entwicklung der Zwischenhirnbasis überhaupt und des Trichters insbesondere vorliegen, lassen sich ebensowenig in Einklang bringen als die Terminologie, welche für diesen Gehirnabschnitt bei den verschiedenen Wirbelthierclassen im Gebrauch ist. Die älteren Anatomen von RUFUS bis auf VICQ D'AZYR haben an der Zwischenbirnbasis ausser dem Chiasma nur das Infundibulum (πυελίς RUFUS) unterschieden und darunter die ganze Strecke verstanden zwischen Chiasma und Corpora candicantia. SÖMMERING hat an dieser Strecke einen vorderen Abschnitt, das eigentliche Infundibulum, und einen hinteren, Tuber cinereum, unterschieden, und diese Unterscheidung ist seitdem in der menschlichen Gehirnlehre beibehalten worden. Der vor dem Infundibulum liegende Abschnitt der Zwischenhirnbasis wird bei dem Menschen vom Chiasma bedeckt und ist wohl aus diesem Grunde ohne Namen geblieben, nur seine vordere Wand hat die Bezeichnung als Lamina terminalis des dritten Ventrikels erhalten. Bei den Fischen liegt das Chiasma dem vorderen Ende dieses Theils an, der grösste Theil desselben liegt zwischen Chiasma und Infundibulum frei zu Tage und wird entweder als Tuber cinereum (CUVIER, KLAATSCH) oder als Trigonum fissum s. Vulva (GOTTSCHE, STANNIUS) bezeichnet. Bei den Amphibien liegt das Chiasma am hinteren Ende dieses Abschnitts; der grösste Theil desselben liegt vor dem Chiasma frei zu Tage und wird allgemein als Tuber cinereum bezeichnet. Man hat demnach nicht nur verschiedene Bezeichnungen für denselben Hirnabschnitt, je nachdem er einem Fisch oder einem Amphibium angehört, sondern auch noch dieselbe Bezeichnung für verschiedene Abschnitte des Gehirns der Amphibien und des Menschen. Ein solches Verfahren ist unzulässig, wenn die vergleichende Anatomie und Entwicklungsgeschichte des Gehirns etwas Anderes als eine Sammlung willkürlicher Bezeichnungen liefern soll. Ich habe zur Vermeidung der Missverständnisse, welche die übliche Terminologie mit sich bringt, der Schilderung der Zwischenhirnbasis bei den verschiedenen Wirbelthierclassen eine einheitliche Terminologie zu Grunde gelegt. Man kann von der frühesten Entwicklung an zwei Abschnitte an der Zwischenhirnbasis unterscheiden: einen vorderen, welcher constante Lagebeziehungen zum Chiasma nervorum opticorum zeigt; ich werde ihn im Folgenden als Trigonum cinereum bezeichnen, und einen hinteren, für welchen ich die alte Bezeichnung des Infundibulum beibehalte. Dieser hintere Abschnitt entwickelt sich bei Fischen und Amphibien zu einem umfangreichen Gebilde, welches bei ersteren in Form paariger, bei letzteren

in Form eines unpaaren Fortsatzes constant seine Lagerung in dem Raum zwischen Keilbein und Ende der Arteria basilaris und ihrer Scheide (dem früheren mittleren Schädelbalken) hat. Dieses Gebilde, gewöhnlich als Lobus inferior benannt, werde ich als Lobus infundibuli bezeichnen. Ausserdem verlängert sich das Ependym des dritten Ventrikels bei den Cyklostomen und Fischen zu einem dünnwandigen Divertikel, welches constant zur Oberfläche der Hypophysis in Lagerungsbeziehung tritt und wegen seines Gefässreichthums von Cuvier als Appendix, von Gottsche als Saccus vasculosus bezeichnet worden ist. Ich werde die letztere Bezeichnung beibehalten. Bei Reptilien, Vögeln und Säugethieren verlängert sich das Infundibulum zu einem verhältnissmässig unbedeutenden Fortsatz, welcher bei letzteren noch während der Fötalzeit eine Involution erfährt; ich werde diesen Theil, welcher dem Lobus infundibuli der Fische und Amphibien entspricht, als Processus infundibuli bezeichnen. Die dünne Lamelle zwischen Infundibulum und Corpora candicantia, welche das Tuber cinereum Sömmering's bildet und in früher Jugend viel stärker vorgewölbt ist als beim Erwachsenen, wird zweckmässig als Lamina posterior infundibuli bezeichnet.

Ueber die Entwicklung des Trichters liegen dreierlei Angaben vor, welche sämmtlich auf Vögel und Säugethiere sich beziehen. Nach der älteren Ansicht, welche namentlich in Bär und Bischoff ihre Vertreter gefunden hat, entspräche der Trichter dem ursprünglichen vorderen Ende des Medullarrohrs und würde dadurch zu einem Fortsatz verlängert, dass bei dem stärkeren Wachsthum der oberen und vorderen Wand des ungebogenen Medullarrohrs der Boden des Zwischenhirns stark nach unten gedrängt würde.

Nach den Angaben von His und Dursy ist es der feste Zusammenhang zwischen Chordaende und Basis des Zwischenhirns, welcher zur Entwicklung des Infundibulum führt. Während aber His in Folge des ungleichen Wachsthums der einzelnen Hirnabschnitte die Zwischenhirnbasis zur Basilarleiste sich erheben und deren axialen Theil zum Trichter werden lässt, wird nach Dursy das Zwischenhirn in der Gegend des zukünftigen Infundibulum bei stärkerer Entwicklung der Urwirbelplatten des Schädels umwachsen und in seinem peripherischen Abschnitt zu einem Strang umgewandelt.

Reichert bestreitet, dass das Infundibulum als das ursprüngliche Vorderende der Gehirnröhre betrachtet werden könne, dieses sei vielmehr genetisch in der späteren Lamina terminalis der dritten Hirnkammer zu suchen. Er lässt den Trichter, mit welchem die Hypophysis in Verbindung steht und welcher sich mit seiner Spitze fest an die Schädelbasis anlegt, durch einen selbständigen Wachsthumsprocess des

Digitized by Google

ersten Gehirnbläschens nach der Basis des Schädels hin und zugleich etwas nach hinten zu Stande kommen.

2. Embryologischer Theil.

Aus der Classe der Fische hatte ich die Embryonen von Haien auf verschiedenen Entwicklungsstufen zu untersuchen Gelegenheit. Die jüngsten Embryonen gehörten Acanthias vulgaris an und maassen 25—30 Mm. Vergl. Taf. IX, Fig. 5. Die Chorda war bei ihrem Eintritt in die Schädelbasis 0,3 dick; sie verlief durch letztere gerade mit wenig sich verjüngendem Durchmesser bis zur Basis des mittleren Schädelbalken. Sie erhob sich in letzterer auf eine kurze Strecke und machte hierauf unter beträchtlicher Verschmälerung eine scharfe Biegung nach abwärts, so dass ihr 0,25 langes Ende an der Schlundfläche des eigentlichen Stranges zu liegen kam[1]. Der ganze umgebogene Abschnitt bestand aus kleinen protoplasmareichen Zellen, sein abgestumpftes Ende hatte 0,05 im Durchmesser, von demselben erstreckte sich ein schmaler, 0,2 langer Zellenstrang gegen das obere Ende der Hypophysenanlage; er verlor sich allmälig blasser werdend 0,1 oberhalb derselben in dem Bildungsgewebe der Sattellehne. Von dem vorliegenden Zwischenhirn war die Chorda längs des ganzen vorderen Endes durch eine 0,02 dicke Lage spindelförmiger, kernhaltiger Zellen geschieden. Die Anlage des Sphenoccipitalknorpels umgab die Chorda allseitig; ihre Dicke bestimmte ich an der Schlundfläche der Chorda zu 0,14, an der Rückenfläche zu 0,04, die Dicke der ganzen Schädelbasis in ihrem hinteren Abschnitt zu 0,48. Sie bestand aus dicht aneinanderliegenden elliptischen Zellen mit zartem Protoplasma und durchschnittlich 0,004 dickem, 0,01 langem Kern, die Richtung der Zellen war parallel der Längsachse der Schädelbasis. Der mittlere Schädelbalken hatte von der Umbiegungsstelle der Chorda bis zu seiner Spitze eine Länge von 0,9; er bestand aus einem unteren dünneren Theil, welchem das hintere Ende des Zwischenhirns dicht anlag, und einem oberen, 0,5 dicken, dessen vorderster Abschnitt das Ende des Zwischenhirns in Form eines dachartigen Vorsprungs überdeckte. Sein Gewebe bestand aus spindelförmigen und sternförmig verzweigten Zellen, die beträchtlich lockerer gefügt waren als jene der Schädelbasis. Längs seiner hinteren Fläche verlief, vom anliegenden Nachhirn durch eine lockere Schichte theils spindelförmiger, theils netzförmiger Zellen ge-

---

1) Kölliker lässt das Chordaende der Haiembryonen (a. a. O. p. 223) nach oben umgebogen sein. Diese Angabe beruht auf einem Beobachtungsfehler.

schieden, die 0,05 weite Arteria basilaris, um an seiner Spitze nach vorne sich zu wenden und an der Umbeugungsstelle des Mittelhirns in das Zwischenhirn ihre Endäste abzugeben. Die Anlage der vorderen Partie der Schädelbasis setzte sich unter stumpfem Winkel an jene des Sphenoccipitalknorpels an, die Schädelbeuge war mithin noch in der Ausgleichung begriffen. Die Dicke dieses Abschnitts der Schädelbasis war scheinbar viel geringer als jene des chordahaltigen Theils, sie betrug im Mittel 0,15. Da die Dicke der Chorda im letzteren 0,3 betrug, so ergiebt sich nach deren Abzug eine nahezu gleiche Stärke für beide Abschnitte. Kurz vor der Ansatzstelle enthielt die Anlage des hinteren Keilbeinknorpels die etwas schief von unten und rückwärts nach oben und vorne verlaufende innere Carotis, deren Durchmesser 0,06 betrug. Die untere Fläche der Schädelbasis war vom Schlundepithel überzogen, welches aus flachen quadratischen Zellen in 0,9 dicker Schichte bestand. Die Anlage der Hypophysis bildete auf Längsschnitten ein in sagittaler Richtung comprimirtes Säckchen von 1 Mm. Länge bei 0,1 Mm. Dicke, welches an der oberen Fläche der Schädelbasis einen Viertelkreisbogen beschrieb (Taf. IX, Fig. 5. *g*). Das vordere Ende lag 0,2 von dem Chiasma entfernt, das hintere lag an der vorderen Wand des mittleren Schädelbalken etwas über dessen Abgangsstelle. Auf Querschnitten erwies sich die Anlage, welche durch leicht gelbliche Färbung von dem vorliegenden Zwischenhirn sich unterschied, als bestehend aus einem oberen, mit zwei kurzen seitlichen Ausläufern versehenen Stück und einem unteren schmäleren zungenartig verlängerten. Sie besass ein scharfbegrenztes centrales Lumen und eine Wand von 0,04 Dicke. Letztere bestand aus radiär gestellten cylindrischen Epithelien von 0,003 Dicke bei 0,01 Länge. In der Mitte seiner unteren Fläche stand dieses Säckchen durch einen 0,03 dicken, von flachem Cylinderepithel ausgekleideten, oben und unten leicht trichterförmig erweiterten Gang mit der Höhle des Schlundes in Communication. Der Gang lag 0,2 vor der Carotis, er durchsetzte die Schädelbasis in senkrechter Richtung, seine Epithelien führten reichlich Pigmentkörner von gelblicher Farbe (Taf. I, Fig. 5. *h*). Die obere Fläche der Hypophysenanlage wurde vom Boden des Zwischenhirns überdeckt und war durch eine äusserst dünne Lage zarter spindelförmiger Zellen von ihm geschieden. Das ganze Zwischenhirn war hohl: sein Boden zerfiel in einen vor dem Chiasma liegenden Abschnitt, das Trigonum cinereum, und einem hinter dem Chiasma liegenden und mit einer Verlängerung nach rückwärts versehenen, dem Infundibulum. Letzterer liess bereits die Zusammensetzung aus einer vorderen niedrigeren und einer hinteren 1,2 Mm. hohen in einer Vertiefung des mittleren Schädelbalken liegenden Abtheilung

erkennen. Die Wandung des Zwischenhirnbodens war durchschnittlich 0,3 Mm. dick und bestand aus geschichteten cylindrischen Epithelien, am Boden des Infundibulum schloss sich an ihre Peripherie eine dünne nach rückwärts allmälig sich auskeilende Schichte zarter, senkrecht gestellter Protoplasmafortsätze an. Der hinterste Abschnitt der Wandung des Zwischenhirns war beträchtlich dünner als die seitliche Wand und der Boden; das Chiasma erwies sich solid, während die beiden Sehnerven noch hohl und von cylindrischem flachem Epithel ausgekleidet waren.

Es standen mir ferner 15 und 20 Centimeter lange Embryonen von Acanthias vulgaris, 10 Centimeter lange Embryonen von Mustelus vulgaris, sowie 17 Centimeter lange von Scymnus lichia und Galeus canis zur Disposition. Die Resultate variirten bei den einzelnen Species in so unwesentlichen Dingen, dass ich mich mit der Schilderung des Befundes von Mustelus begnüge. (Vergl. Taf. IX, Fig. 6.) Die Schädelkrümmung war bei den Embryonen dieses Thiers bereits ausgeglichen, der Verlauf der Schädelbasis daher nahezu gerade. Ihre Dicke betrug im hinteren Abschnitt durchschnittlich 0,3, im vorderen 0,2 Mm. Sie war allenthalben von hyalinem Knorpel gebildet, der Knorpel der Sattellehne mit jenem der Schädelbasis in continuirlichem Zusammenhang, 0,7 hoch, an seiner Basis 0,5 dick, gleich den übrigen Knorpeln von einer dicken aus spindelförmigen Zellen bestehenden Perichondriumlage überzogen. Die Chorda trat in den Schädel als runder Strang von 0,18 Dicke. Sie besass an der Peripherie eine homogene Cuticularschichte von 0,012 Dicke, gegen welche der anliegende Schädelknorpel mit einem blassen Saum ohne Andeutung elastischer Netze sich abgrenzte. Im Verlauf durch die Schädelbasis verdünnte sich die Cuticularschicht gleich der ganzen Chorda. Die Zellen der letzteren waren klein, durchschnittlich 0,02 im Durchmesser, dickwandig und Knorpelzellen sehr ähnlich. An der Basis des Clivus verliess die Chorda mit einer leichten Biegung nach oben den Schädelknorpel und kam allmälig ganz innerhalb der tiefsten Schichten des Perichondrium zu liegen, welches den Clivus überzog, eine leichte Hervorragung desselben bedingend. Ihre Dicke bestimmte ich an der Austrittsstelle zu 0,16. Sie besass hier eine Cuticula von 0,08 Dicke, gegen welche sich das anliegende Perichondrium mit einem glänzenden elastischen Saum abgrenzte. Sie verlief unter allmäliger Verschmälerung um die Spitze des Clivus herum, um an der vorderen Fläche der Sattellehne mit kurzer, nach abwärts gebogener, 0,06 dicker Spitze zu endigen. Die 0,15 weite Basilararterie verlief längs der Oberfläche des Clivus und erhob sich über der Spitze der Sattellehne 2,4 Mm. hoch in flachem, nach vorwärts gerichtetem

Bogen, um an der Umbeugungsstelle des Mittelhirns in das Zwischenhirn ihre Endäste abzugeben. Der frühere mittlere Schädelbalken war auf eine unbedeutende bindegewebige Adventitia der Basilararterie reducirt. Von der Spitze der Sattellehne spannte sich eine straffe, 0,03 dicke Bindegewebslamelle über die Sattelgrube hinweg, in das Perichondrium des vorderen Keilbeinknorpels übergehend. Die Sattelgrube selbst enthielt, in Bindegewebe eingebettet, die 0,2 weiten carotischen Canäle und einen Theil der ursprünglichen Hypophysenanlage in Form eines länglichen, etwas gewundenen Hohlraums von 0,2 Durchmesser, welcher ein scharf begrenztes centrales Lumen und eine aus geschichtetem Cylinderepithel bestehende Wandung von 0,04 Dicke besass (Taf. I, Fig. 6. *e*). Die eigentliche Hypophysis lag als ein 3 Mm. langer, 0,4 Mm. dicker Körper oberhalb des vorderen Keilbeinknorpels und des bindegewebigen Operculum der Sattelgrube (Taf. IX, Fig. 6. *f*). Sie war von einer dünnen, vorwiegend aus spindelförmigen Zellen bestehenden Bindegewebshülle umgeben, von welcher aus Fortsätze in das Innere sich erstreckten, durch welche die Drüsensubstanz in eine Anzahl rundlicher und schlauchförmiger Hohlräume von 0,06 bis 0,12 Durchmesser zerlegt wurde. Letztere zeigten gewundenen Verlauf und hie und da leichte Ausbuchtungen. Sie waren umgeben von einer dünnen Membrana propria und ausgekleidet von einer mehrschichtigen Zellenlage. Die Zellen waren gegen das durchschnittlich 0,01 messende, zwischen 0,005 und 0,05 schwankende Lumen der Schläuche zu deutliche Cylinderepithelien von 0,016 Länge bei 0,005 Dicke; gegen die Peripherie zu erwiesen sie sich mehr spindelförmig und rundlich mit fein granulirtem, zartem Protoplasmakörper, welcher blasse Fortsätze gegen die Membrana propria hin entsandte. Nach vorne ging die Hypophysis in einen schmalen zungenförmigen Fortsatz über, welcher bis nahe an das Chiasma heranreichte. Derselbe lag in einer flachen Ausbuchtung der Zwischenhirnbasis und war allseitig von einer Fortsetzung der Pia mater umgeben. Seine Höhe betrug 0,4, seine Breite 0,6—0,8 Mm.; das Innere war hohl, die obere Wand flach gewölbt, 0,05 dick, die untere 0,03 dick und in zahlreiche Längsfalten gelegt; sie bestand aus einer dünnen Membrana propria und geschichtetem Cylinderepithel, welches peripherisch kurze Protoplasmafortsätze entsandte. Der Verbindungsgang zwischen Hypophysis und Rachenepithel war vollständig geschwunden; dagegen der von Bindegewebe ausgekleidete, schief von hinten und unten nach oben und vorn verlaufende Gang, welcher die Carotiden enthielt, viel weiter als früher. Dieser Gang ist es, welchen v. Miclucho-Maclay irrthümlicherweise für einen Rest des ursprünglichen Hypophysengangs gehalten hat.

Das Zwischenhirn war an seiner oberen Fläche durch eine quere Furche, an der unteren durch den das Ende der Arteria basilaris beherbergenden Einschnitt von dem Mittelhirn geschieden. Seine Basis bestand aus einem vorderen und einem hinteren Abschnitt. Der vordere, Trigonum cinereum, besass eine mediane, keilförmig nach abwärts sich verschmälernde, mit dem dritten Ventrikel communicirende Höhle, welche über dem vorderen Ende des Chiasma eine kurze zweilappige Ausstülpung zeigte. Das Chiasma war in die vordere Partie dieses Abschnitts eingezwängt und verdrängte den Boden 0,9 Mm. hoch nach aufwärts; sein oberes Ende war etwas nach vorwärts umgebogen. Eine kurze Strecke hinter dem Chiasma ging das Trigonum cinereum in den hinteren Abschnitt der Zwischenhirnbasis, das Infundibulum, über. Dieser bestand aus drei schon äusserlich erkennbaren Abtheilungen. Die erste ging nach vorne in das Trigonum cinereum, nach oben in die Substanz des Zwischenhirns continuirlich über; ihr hinteres Ende war durch den die Basilararterie enthaltenden Einschnitt vom überliegenden Mittelhirn geschieden und ragte gleich dem folgenden Abschnitt als ein walzenförmiger Fortsatz der Zwischenhirnbasis in den vor der Sattellehne befindlichen Raum. Die mittlere Abtheilung war charakterisirt durch eine leichte Emporwölbung ihrer Decke, beide besassen einen gemeinsamen seitlichen Fortsatz; die hinterste endlich stellte einen sehr dünnen durchsichtigen, fast zweilappigen Sack vor, dessen Mittelstück mit der oberen Fläche der Hypophyse fest verwachsen war.

Die vorderste Abtheilung enthielt einen Hohlraum von rhombischem Querschnitt, welcher in die spaltartige Höhle des Trigonum cinereum nach vorne überging. Dieser Hohlraum hatte 1 Mm. Höhe und ebensoviel Breite; er stand in seiner vorderen Partie durch einen 0,3 weiten Gang mit dem überliegenden dritten Ventrikel in Communication, wurde aber alsbald durch das Auftreten einer Quercommissur und weiterhin durch die Entwicklung einer 0,6 mächtigen Decke von ihm geschieden. Nach abwärts verlängerte er sich in einen schmalen, nur 0,02 messenden Spalt, welcher bis nahe an die Pia herabreichte und mit seinem flach eingebuchteten Boden auf der zungenförmigen Verlängerung der Hypophysis ruhte. Nach rückwärts ging derselbe in die Höhle der zweiten Abtheilung ohne Unterbrechung über. Seitlich stand er durch 0,2 weite Ausläufer mit den beiden halbmondförmig gestalteten, 1 Mm. hohen, in eine kurze obere und eine lange untere Spitze ausgezogenen Ventrikeln der Eminentiae laterales in Communication. Sie bildeten flach gewölbte Hervorragungen zu beiden Seiten des Lobus infundibuli, welche in ihrem vorderen Abschnitt von dem überliegenden

Digitized by Google

Zwischenhirn und dem Boden des Infundibulum durch flache Längsfurchen oberflächlich geschieden waren. Sie umfassten mit kurzen, nach vorne gerichteten Verlängerungen das Ende des Trigonum cinereum zu beiden Seiten, nach rückwärts erstreckten sie sich bis nahe an das hintere Ende der zweiten Abtheilung, sie verflachten sich dabei ganz allmälig und gingen schliesslich in den Boden und die Decke derselben ohne scharfe Grenze über. In dieser ganzen Ausdehnung erhielt sich die Communication ihrer Ventrikel mit der Höhle des Infundibulum; die vorspringenden Leisten, welche die Communicationsstelle verengten, wurden gleichzeitig mit der zunehmenden Verflachung der Seitenwände im Verlauf nach rückwärts immer niedriger und schwanden schliesslich vollständig, so dass die anfangs getrennten Höhlen zu einer gemeinsamen verschmolzen. Die zweite Abtheilung war ausserdem durch eine nach oben gerichtete Ausstülpung ihrer Höhle charakterisirt. Sie war 2,6 Mm. breit, 0,4 bis 0,65 hoch und stand durch eine 0,3 weite Oeffnung mit letzterer in Communication. Ihre Decke besass eine Mächtigkeit von 0,4 und war in eine Anzahl zierlicher, 0,25 hoher, an der Basis 0,35 breiter Längsfalten gelegt. Sie verflachten sich im Verlauf nach rückwärts und verschwanden beim Uebergang der Decke in die hintere Wand vollständig. Letztere verdünnte sich im Verlauf nach abwärts beträchtlich und ging schliesslich, nach rückwärts sich wendend, in die obere Wand der dritten Abtheilung über. Die dünne, den Boden bildende Ependymlamelle zeigte nahe dem hinteren Ende dieser Abtheilung eine zweilappige à cheval der zungenförmigen Verlängerung der Hypophysis liegende Ausstülpung; sie verlängerte sich gleichfalls nach rückwärts und bildete die untere Wand der dritten Abtheilung. Letztere, der Saccus vasculosus, bestand aus zwei rundlichen, flachen, durch ein schmales Mittelstück verbundenen Säckchen, welche beim Uebergang in den Boden und die hintere Wand des Infundibulum halsartig sich verschmälerten. Sie lagen dem hinteren Ende des Infundibulum und der oberen Fläche des vorderen Endes des eigentlichen Hypophysenkörpers dicht an und waren mit ihr fest verwachsen. Ihre Höhle communicirte mit jener des Infundibulum.

Hinsichtlich des feineren Baues unterschied sich an den beiden vorderen Abtheilungen des Infundibulum der Boden und die von den Eminentiae laterales gebildete seitliche Wand wesentlich von der Decke. Erstere wurden an der dem Ventrikel zugekehrten Fläche von geschichtetem Cylinderepithel umsäumt; auf dieses folgte, durch eine schmale, feinkörnige, radiär gestreifte Schichte geschieden, eine durchschnittlich 0,08—0,1 dicke Lage von Zellen mit rundem oder elliptischem Kern von 0,006—0,012 und äusserst zartem, hie und da nachweisbar in

einen spitzen Fortsatz nach der Peripherie zu ausgezogenem Protoplasma. Diese Zellenlage wurde peripherisch umgeben von einer 0,25 mächtigen, bis zur Pia sich erstreckenden Schichte einer feinkörnigen, in radiärer Richtung sehr fein gestreiften, einzelne runde Kerne führenden Substanz. Sie erhielt gleich der Zellenschicht ihre Gefässe aus der überziehenden Pia.

Die flach gewölbte Decke, welche in ihrer vorderen Hälfte mit dem überliegenden Zwischenhirn zusammenhing, zeigte bis zu der nach oben gerichteten Ausstülpung der Höhle des Infundibulum in dessen zweiter Abtheilung den gleichen Bau. Sie war gegen die Höhle des Infundibulum von geschichtetem Cylinderepithel bekleidet, daran schloss sich, durch eine dünne Lage feinkörniger Substanz getrennt, eine schmale Lage kegelförmiger, in zwei bis drei horizontale Reihen angeordneter, nach oben feine Protoplasmafortsätze entsendender Ganglienzellen an. Die ganze übrige Decke bestand aus einer feinkörnigen Grundsubstanz, in welcher mässig dichtstehende rundliche Kerne und dreieckige, in zarte Fortsätze ausgezogene Ganglienzellen eingebettet waren. An der Seitenwand und Decke der nach oben gerichteten Ausstülpung des Lobus infundibuli modificirte sich dieser Bau; an das den Hohlraum auskleidende Epithel schloss sich hier eine ähnliche Schicht runder, dichtgedrängter Kerne mit zartem, nach oben in dünne Fortsätze ausgezogenen Protoplasmakörper an, wie sie am Boden und der seitlichen Wand vorhanden war; diese Zellenschicht wurde von einer peripherischen, feinkörnigen, in radiärer Richtung feingestreiften Substanz umgeben. Am hinteren Ende keilte sich diese feinkörnige, peripherische Schicht allmälig aus; der Saccus vasculosus bestand in Folge davon nur noch aus geschichtetem Cylinderepithel, welches einer dünnen, von der Pia mater gelieferten Bindegewebslamelle aufsass. Diese Bindesubstanzlamelle enthielt ein regelmässiges Netz 0,03 — 0,06 weiter Gefässe mit quadratischen Zwischenräumen, welche in einem sehr lockeren Fibrillennetz zahlreiche runde Lymphkörpern ähnliche Zellen zeigten.

Aus der Classe der Amphibien standen mir die Embryonen von Rana temporaria und Salamandra maculata zur Disposition. Ich untersuchte an ersteren die Hypophysis und den Processus infundibuli von der ersten Anlage bis zur Gewinnung seiner bleibenden Gestalt. Die frühesten Stadien stammten von Embryonen der Rana temporaria, welche eben im Ausschlüpfen begriffen waren. Ihre Länge betrug vom Kopf bis zum Schwanzende 5 Mm. Die Chorda bildete einen cylindrischen Strang, welcher, beim Eintritt in den Schädel 0,18 dick, im Verlauf durch denselben bis auf 0,1 sich verschmälerte; ihre Spitze

Digitized by Google

verdünnte sich sehr rasch und war hakenförmig gegen die Schlundfläche umgebogen. Die central liegenden Zellen waren bereits aufgehellt, polygonal, und besassen nur in der Peripherie noch eine dünne Lage bräunlichen, in deutliche Körner gesonderten Protoplasmas, ihr Durchmesser betrug durchschnittlich 0,03. Die Peripherie der Chorda war eingenommen von einer Lage protoplasmareicher, vorwiegend quer gestellter Zellen, an welche sich ein ungemein dünner, heller Saum, die erste Andeutung der Cuticularschicht, anschloss. Dieser Saum wurde umfasst von einer an der unteren Fläche der Chorda einfachen, an der oberen etwas dickeren Lage spindelförmiger und netzförmiger pigmenthaltiger Zellen. Das vordere Ende des Centralnervensystems liess drei Abtheilungen unterscheiden, welche durch seichte Querfurchen an der oberen Fläche geschieden waren: das Nachhirn, welches im Verlauf nach vorne beträchtlich sich verdickte, das Mittelhirn, welches einen flachen, den Gipfel der Schädelanlage einnehmenden Vorsprung bildete, und das Vorderhirn, welches noch nicht deutlich in Vorder- und Zwischenhirn gesondert war. Alle diese Gehirnabschnitte waren hohl; die Vorderhirnblase erstreckte sich unmittelbar vor dem Chordaende 0,35 Mm. weit nach abwärts, unter nahezu rechtem Winkel in das Mittelhirn an dessen unterer Fläche übergehend; ihre hintere Wand war sehr dünn, nur 0,015 messend und bestand aus quadratischen, stark pigmentirten Zellen, die untere Wand verdickte sich im Verlauf nach vorwärts. Zwischen ihr und dem anliegenden Rachenepithel erstreckte sich eine einfache, von der Umhüllung des Chordaendes ausgehende Lage spindelförmiger Zellen. Das Rachenepithel lag der unteren Fläche der die Chorda umgebenden Zellen dicht an, es war 0,02 dick und bestand theils aus cylindrischen, theils aus quadratischen stark pigmentirten Zellen. Sein Verlauf war gerade bis zur umgebogenen Chordaspitze, welcher es unmittelbar aufsass; von der Chordaspitze verlief es unter nahezu rechtem Winkel längs der hinteren Wand der Vorderhirnblase nach abwärts in das Epithel der Mundhöhle sich fortsetzend. Es besassen mithin die Embryonen aus diesem Stadium gleich den jüngeren Haiembryonen eine sehr ausgesprochene Schädelkrümmung (vergl. Taf. XII, Fig. 1).

Bei Larven von 8 Mm. verdünnte sich die Chorda nahe der wie früher gegen die Schlundfläche hakenförmig umgebogenen Spitze rasch in beträchtlichem Grade; ihre Beschaffenheit war wie im vorigen Stadium, die Zellen des verjüngten vordersten Abschnitts aber protoplasma- und pigmentreicher als im übrigen Verlauf des Organs. Die dünne Lage die Chorda und ihre Cuticularschicht umgebender Zellen war längs der oberen Fläche etwas mächtiger geworden und enthielt

Digitized by Google

hier die 0,02 weite Anlage der Basilararterie. Am Centralnervensystem hatte sich das Vorderhirn vom Zwischenhirn deutlicher geschieden; das Nachhirn zeigte an seiner Basis einen schmalen pigmentfreien, durch feine Protoplasmafortsätze seiner Zellen hervorgebrachten und in Folge davon senkrecht gestreiften Saum. Die Umbeugungsstelle der unteren Wand des Mittelhirns in das Zwischenhirn war etwas nach vorne gerückt, indem die Anlage der Basilararterie eine kurze Strecke weit über das vordere Chordaende hinausgewachsen war. Das Zwischenhirn erstreckte sich wie früher vor letzterem nach abwärts; seine Basis liess jetzt die bleibenden drei Abtheilungen deutlich unterscheiden: das Trigonum cinereum, dessen Höhle vor dem Chiasma bis nahe zur Schädelbasis herabreichte, das in dessen untere Wand eingezwängte, 0,05 hohe, 0,03 dicke Chiasma, endlich das dickwandige Infundibulum mit dem nach rückwärts gerichteten Lobus infundibuli. Die hintere Wand des letzteren war wie früher sehr dünn, die pigmentreichen Zellen, welche sie bildeten, noch niedriger geworden. Die untere Wand verdickte sich rasch im Verlauf nach vorwärts. Das Schlundepithel war wie früher stark pigmentirt, die Zellen aber etwas flacher. Es haftete der Anlage der Schädelbasis in deren hinterstem Abschnitt innig an, dicht hinter der Stelle jedoch, wo es mit der umgebogenen Chordaspitze zusammenhing, war es zu einem flachen, 0,06 hohen Vorsprung erhoben. Dieser Vorsprung war dadurch bedingt, dass an der unteren Fläche der Chorda entsprechend der Stelle, wo sie nahe dem vorderen Ende ihr Caliber rasch verschmälerte, sternförmig verästelte Zellen mit zarten Protoplasmafortsätzen in grösserer Menge sich entwickelt hatten. Zugleich war nahe der Schlundfläche der Chorda ein 0,02 Mm. weites Gefäss sichtbar, die Anlage der inneren Carotis. Da auch die früher einfache Lage spindelförmiger Zellen zwischen hinterer und unterer Wand des Zwischenhirns und Schlundepithel bis zu 0,016 sich verdickt hatte, wurde an der Umbeugungsstelle des Schlundepithels ein trichterförmiger Hohlraum geschaffen von 0,06 Höhe, dessen Spitze genau dem umgebogenen Chordaende entsprach, während er an der Basis mit 0,1 weiter Oeffnung mit der Schlundhöhle communicirte.

Bei 9 Mm. langen Embryonen war die Verschmälerung der Chorda in der Nähe ihres vorderen Endes noch auffallender als im vorhergehenden Stadium; die Spitze war wie früher hakenförmig gegen die Schlundfläche umgebogen, der umgebogene Theil aber nur mehr 0,016 dick, sehr blass und pigmentarm. Die Verbindung der Spitze mit dem Schlundepithel war gelöst, indem von der hinter ihr liegenden Anhäufung spindelförmiger und netzförmiger Zellen aus einzelne Zellen

zwischen beide sich eingeschoben hatten. Diese Anhäufung erstreckte sich mit einer mittleren Mächtigkeit von 0,03 längs der unteren Fläche des verdünnten Chordaendes; sie bedingte dicht hinter der Chordaspitze einen 0,1 hohen, 0,03 dicken faltenartigen Vorsprung des Schlundepithels, welcher mit seiner Spitze etwas nach vorne gerichtet war. Auch die zwischen der hintern und untern Wand des Zwischenhirns und dem Schlundepithel befindliche Zellenlage, welche die Fortsetzung der inneren Carotiden beherbergte, erwies sich verdickt. Der Eingang zu dem im vorigen Stadium weit offenen trichterförmigen Hohlraum unterhalb der Chordaspitze war hiedurch beträchtlich verengt; er stellte jetzt eine 0,13 hohe, mit dem oberen Ende nach rückwärts umgebogene Tasche vor, welche von einer Fortsetzung des Schlundepithels ausgekleidet wurde. Ihre Höhle erweiterte sich im Verlauf nach abwärts und besass an der Communicationsstelle mit jener des Schlundes einen Durchmesser von 0,07 Mm. Durch den vorspringenden, die Hypophysenanlage beherbergenden Zellenwulst war die Schädelkrümmung beträchtlich abgeflacht.

Bei 10 Mm. langen Larven verdünnte sich die Chorda nahe dem vorderen Ende mit raschem Abfall auf 0,09; das verschmälerte Ende verlief gerade nach vorne, um an der Mitte der hinteren Wand des Lobus infundibuli mit abgerundeter, 0,05 dicker Spitze zu endigen. Der umgebogene Theil war bis auf einen geringen Rest von Pigmentkörnchen geschwunden. Die Zellenanhäufung an der unteren Fläche des verdünnten Chordaendes zeigte eine Mächtigkeit von 0,04. Die Anlage der Hypophysis hatte gegen früher an Höhe gewonnen, an Dicke verloren; sie stellte eine 0,16 hohe, 0,046 dicke, in sagittaler Richtung comprimirte Tasche vor, deren unterer Abschnitt nahezu senkrecht, deren oberer schief von unten und vorn nach oben und rückwärts gerichtet war. Die Wandung war von cubischen pigmentreichen Zellen mit rundem, 0,01 messendem Kern ausgekleidet, welche am unteren Ende in die Zellen des Schlundepithels continuirlich übergingen, die vordere und hintere Wand waren einander sehr genähert und liessen nur ein ganz schmales, spaltförmiges Lumen frei. Die ganze Anlage erschien etwas nach vorne gerückt durch stärkere Entwicklung der die hintere Wand umgebenden Zellenlage, so dass ihre Spitze nahe unter dem vorderen Ende der Chorda zu liegen kam. Auch längs der oberen Fläche des verdünnten Chordaendes hatten sich spindelförmige und sternförmige Zellen in grösserer Menge angehäuft (vergl. Taf. XII, Fig. 2).

Bei den Larven von 12 Mm. Länge war die Schädelkrümmung vollständig ausgeglichen. Die Chorda war beim Eintritt in den Schädel 0,2 dick, sie verschmälerte sich allmälig im Verlauf nach vorne bis auf

0,12. In einer Entfernung von 0,15 von ihrem vorderen Ende verjüngte sie sich mit plötzlichem Abfall bis auf 0,035 und verlief von da als cylindrischer, aus kleinen, ziemlich pigmentreichen Zellen bestehender Strang gerade nach vorne, wo sie mit stumpfem Ende aufhörte. Die Zellenschichte, welche das verdünnte Stück umgeben hatte, war noch etwas mächtiger geworden und in dem der Chorda zunächst liegenden Theil in der Umwandlung in Hyalinknorpel begriffen als Anlage der zukünftigen Sattellehne. Der peripherische Theil dieser Schichte bestand aus ziemlich dicht gedrängten spindelförmigen Zellen; sie verlängerte sich von der Basis der Sattellehne aus nach vorne und erstreckte sich continuirlich zur Basis des Zwischenhirns. Durch diese Zellenlage war der unterste, die Verbindung mit der Schlundhöhle vermittelnde Theil der Hypophysenanlage zum Schwund gebracht und letztere von der Rachenhöhle gänzlich abgeschnürt. Der obere Theil war erheblich nach Höhe und Dicke vergrössert; erstere betrug 0,2, letztere 0,07. Er stellte ein stumpfwinkliges Dreieck vor, dessen grösserer unterer Schenkel schief von unten und vorne nach oben und rückwärts, dessen viel kleinerer oberer Schenkel nahezu senkrecht nach oben in der Sattelgrube verlief. Das obere Ende lag jetzt dicht unter dem abgerundeten Ende der Chorda, das untere hinter der Uebergangsstelle der hinteren in die untere Wand des Lobus infundibuli. Ein centrales Lumen war nicht mehr nachweisbar, da das Innere von pigmentreichen polygonalen und cylindrischen Zellen dicht erfüllt war. Die vordere und hintere Fläche wurden durch schmale Züge spindelförmiger Zellen von den Umgebungen getrennt. Das Mittelhirn war an seiner unteren Fläche durch den jetzt deutlich sichtbaren, das Ende der Arteria basilaris beherbergenden, 0,15 langen Einschnitt vom Zwischenhirn getrennt. Die Basis des letzteren liess ihre beiden Hauptabschnitte sofort erkennen: vorne das hohle Trigonum cinereum und in seine untere Wand eingezwängt das jetzt 0,1 hohe, 0,08 dicke, mit dem oberen Ende etwas nach rückwärts umgebogene Chiasma, hinten das Infundibulum mit seinem Fortsatz. Das Infundibulum zeigte bereits eine Scheidung von Decke und Boden, letzterer ging, nach rückwärts sich verflachend, in den zweilappig gestalteten Boden des Lobus infundibuli über, an der unteren Fläche desselben begann eben eine pigmentfreie, aus feinen Protoplasmafortsätzen der Zellen bestehende Schicht sich zu markiren. Die ursprünglich hintere Wand des hohlen Lobus infundibuli war durch das stärkere Hervorwachsen der Basilararterie und ihrer Scheide über das vordere Chordaende hinaus in ihrem oberen Theil zum Verlauf nach vorne und oben genöthigt als Anlage der zukünftigen Decke dieses Lappens; sie war wie früher ungemein dünn

und lediglich durch quadratische, im Verlauf nach oben stark sich verflachende Epithelien repräsentirt.

Die 1 Centimeter langen Embryonen von Salamandra maculata waren in demselben Entwicklungsstadium wie die zuletzt beschriebenen Froschembryonen, die Verbindung der Hypophysis mit dem Rachen war vollständig gelöst, die Basis des Zwischenhirns mit jener des Frosches in allen wesentlichen Verhältnissen vollständig übereinstimmend (vergl. Taf. X, Fig. 1).

Bei 20 Mm. langen Froschlarven wurde die Chorda bereits ringförmig von einer Hyalinknorpelschichte umfasst. Vor ihrem stumpfen vorderen Ende lag die 0,15 lange, 0,2 hohe knorplige Anlage der Sattellehne, in welcher das ursprüngliche Chordaende bis auf den letzten Rest geschwunden war. Ueber der oberen Fläche des Schädelknorpels verlief die Arteria basilaris, deren Ende 0,25 über das vordere Ende der Sattellehne nach vorne sich erstreckte, von einer dünnen Lage spindelförmiger Zellen als Andeutung eines mittleren Schädelbalken umgeben. Die Basis des Mittelhirns ging an ihrem Ende unter spitzem, nach rückwärts offenem Winkel in die Decke des Infundibulum über, welches sich nach rückwärts in den hohlen, mit rudimentärer oberer und hinterer Wand versehenen Lobus infundibuli verlängerte. Vor dem Infundibulum lag das Trigonum cinereum, das Chiasma war 0,18 hoch, 0,1 dick. Zwischen der Sattellehne und der hinteren Wand des Lobus infundibuli, von beiden durch eine dünne Lage spindelförmiger Zellen getrennt, lag die Hypophysis. Sie war jetzt 0,25 lang, 0,08 dick. Ihre gerade nach oben gerichtete Spitze begann als ein conischer, 0,07 hoher, 0,05 dicker Körper von dem übrigen Organ durch eine schmale Furche sich abzugrenzen; beide bestanden aus dicht gehäuften, theils quadratischen, theils cylindrischen, kernhaltigen Zellen und einer dünnen, sie umschliessenden Bindesubstanzhülle.

Bei Froschlarven von 25 Mm. Länge war die Chorda wie im letzten Stadium ringförmig von Hyalinknorpel umfasst, ihr vorderes Ende lag 0,2 hinter der vorderen Fläche der Sattellehne. Der hintere Abschnitt der Schädelbasis hatte eine durchschnittliche Dicke von 0,18, der vordere von 0,08. Der mittlere Schädelbalken hatte eine Länge von 0,4 bei einer Dicke von 0,035, er bestand aus spindelförmigen und verästelten Zellen, welche die Basilararterie in Form einer Scheide umgaben. Die Hypophysis lag im Türkensattel als ein winklig gebogener Körper von 0,3 Länge bei 0,1 Dicke. Ihr grössserer unterer Abschnitt hatte die Richtung von unten und vorne nach oben und rückwärts, der obere viel kleinere jene von unten und hinten nach oben und vorne. Sie bestand aus einer deutlichen bindegewebigen Kapsel,

Digitized by Google

von welcher aus dünne Züge spindelförmiger Zellen in das Innere gewachsen waren, welche die daselbst befindlichen Epithelzellen in eine Anzahl kugeliger und cylindrischer Häufchen schieden. Von dem anliegenden Zwischenhirn wurde sie durch eine aus spindelförmigen Zellen bestehende Membran geschieden, welche sich am oberen Ende der Drüse an den mittleren Schädelbalken anlegte. Die Uebergangsstelle des Mittelhirns in das Zwischenhirn zeigte sich noch stark pigmentirt. Der Lobus infundibuli war an seiner Abgangsstelle vom Infundibulum 0,5 hoch und ebenso lang; er besass eine 0,28 lange, 0,18 hohe schief längs der unteren Fläche des mittleren Schädelbalken verlaufende Höhle. Die untere Wand ging vorne in den Boden des Infundibulum über, nach rückwärts verjüngte sie sich allmälig und keilte sich schliesslich bis auf eine einfache Epithellage aus; sie war durch einen medianen, sagittal verlaufenden Einschnitt in zwei symmetrische Hälften getheilt. Sie bestand gegen die Höhle zu aus einer cylindrischen Epithellage, an diese schloss sich eine mehrschichtige Lage pigmentreicher, theils rundlicher, theils spindelförmiger Zellen an, sie entsandten nach abwärts schmale blasse Protoplasmafortsätze, welche an der unteren Fläche des Bodens das Auftreten einer pigmentfreien, radiär gestreiften, im Verlauf von vorne nach rückwärts an Höhe abnehmenden Schicht bedingten. Die hintere, der Trennungsmembran zwischen Hypophysis und Zwischenhirn anliegende Wand war durch eine einfache Lage quadratischer Epithelien von 0,006 Seitenlänge repräsentirt, während die obere mit der unteren Fläche des mittleren Schädelbalken verwachsene Wand durch ein einschichtiges ganz flaches Epithel von 0,003 Höhe bei 0,01 Fläche hergestellt wurde. Dieses Epithel setzte sich, höher werdend, auf die Decke des Infundibulum fort, welche durch Apposition runder und spindelförmiger Zellen rasch bis auf 0,1 sich verdickte.

Bei Larven der Rana temporaria von 35 Mm. Länge war in Folge einer Reihe wichtiger Veränderungen die definitive Gestaltung der Hypophysis und der ihr anliegenden Theile bereits wahrnehmbar. Der Schädelknorpel besass unmittelbar hinter der Hypophysis 0,2, unter ihr 0,04, vor ihr 0,06 bis 0,08 Dicke. Der mittlere Schädelbalken war 0,8 lang, 0,045 dick, stark pigmentirt, die Basilararterie 0,04 weit. Die Hypophysis lag viel flacher als früher in der Sattelgrube, ihr unterer Abschnitt war 0,5 lang, 0,18 dick. Sie war allseitig umgeben von einer dünnen Kapsel, welche durch Fortsätze den Drüsenkörper in eine Anzahl 0,02—0,04 dicker gewundener Schläuche zerlegte. Der obere, früher winklig nach vorne zu abgebogene Theil der Hypophysis war gänzlich von ihr getrennt und lag als ein ellipsoi-

Digitized by Google

discher 0,2 langer, 0,1 hoher Körper in einer flachen Ausbuchtung der hinteren Hälfte ihrer oberen Fläche. Er bestand aus dicht gedrängten, polygonalen, kernhaltigen Zellen von 0,007 Durchmesser. Die dünne aus spindelförmigen Zellen bestehende Membran, welche früher diesen Theil der Hypophysis vom Zwischenhirn schied, in den mittleren Schädelbalken übergehend, hatte sich in eine dichte Lage fibrillären Bindegewebes umgewandelt, welche in Form eines gleichseitigen Dreiecks von 0,012 Seitenlänge mit der vorderen Fläche dieses Körpers und jener der anstossenden Partie des mittleren Schädelbalken zusammenhing. Das Infundibulum entsandte wie früher den keilförmigen Lobus infundibuli nach rückwärts. Er war am Ursprung 0,6 hoch, seine Basis 0,7 lang. Sein Boden war wie früher von vorne nach rückwärts keilförmig zugespitzt, auf dem Querschnitt zweilappig, die Structur gegen früher nur insofern verändert, als die früher unterscheidbaren Protoplasmafortsätze der Zellen an der unteren Fläche jetzt eine homogene, feinkörnige, einzelne Kerne einschliessende Schicht bildeten. Die hintere Wand wurde auch jetzt durch eine einfache Lage quadratischer, die obere durch eine einfache Lage ganz flacher Epithelien gebildet, welche in das cylindrische Epithel des Bodens und der Decke des eigentlichen Infundibulum sich fortsetzten (vergl. Taf. X, Fig. 2).

Aus der Classe der Vögel untersuchte ich die Embryonen der Gans und des Huhns, von ersterem Thier die früheren, von letzterem die späteren Stadien. Die jüngsten Embryonen der Gans, welche mir zur Disposition standen, stammten vom dritten Bebrütungstag. Das Herz lag bereits vor dem Schlund, Schlundspalten waren noch keine vorhanden. Die Chorda verlief als runder Strang von 0,04 durch die Anlage der Schädelbasis, sie verschmälerte sich gegen ihr Ende allmälig auf 0,03; letzteres war sanft abwärts gebogen und hörte mit conisch sich verjüngender, abgerundeter Spitze auf. Die Anlage der Schädelbasis bestand aus einer dünnen Schichte theils spindelförmiger, theils sternförmiger, sehr locker um die Chorda herumliegender Zellen, ihre ganze Mächtigkeit betrug im Mittel 0,05. Das Schlundepithel bestand aus einer mehrfachen Lage kurzer Cylinderepithelien; es erstreckte sich längs der unteren Fläche der Schädelbasis bis zum Chordaende, welchem es unmittelbar ansass, und reichte dicht unterhalb des letzteren bis an einen glänzenden, das Vorderhirn umgebenden Saum. An der hinteren Wand des Vorderhirns stiess es an das die untere Fläche des letzteren überziehende Hornblatt. Das Gehirn hatte die Gestalt einer Retorte, deren Hals im Nachhirn lag. Seine sämmtlichen Abschnitte waren hohl, ihre Wandung leicht gefaltet, durchschnittlich 0,02 dick.

Digitized by Google

von kurzen, theils cylindrischen, theils spindelförmigen Zellen gebildet. Sowohl gegen das überziehende Hornblatt als gegen die Chorda grenzte sich die Peripherie des Centralnervensystems durch einen sehr feinen, glänzenden Saum ab. Die Basis des Mittelhirns ging unmittelbar über dem Chordaende unter stumpfem Winkel in die hintere Fläche des Vorderhirns über, letzteres erstreckte sich vor dem Chordaende 0,1 Mm. weit nach abwärts. Das ganze Vorderhirn war an seiner Peripherie mit Ausnahme des obersten Theils der hinteren Fläche vom Hornblatt umgeben, letzteres bestand aus einer grösstentheils einfachen Lage kurzer Cylinderepithelien von 0,006 Breite bei 0,008 Höhe. Er erstreckte sich längs der hinteren Fläche des Vorderhirns nach oben, bis es auf die Epithelauskleidung des Schlundes traf, worauf es längs dessen unterer Fläche in der Richtung zum Herz verlief.

Embryonen, welche im Lauf des vierten Brütungstags den Eiern entnommen wurden, zeigten die beiden ersten Schlundspalten bereits entwickelt. Die Chorda war beim Eintritt in die Anlage der Schädelbasis 0,45 dick, sie verlief wie früher unter allmäliger Verschmälerung nach vorne und wandte sich nahe ihrem Ende in einem Viertelkreisbogen nach abwärts gegen die Schlundfläche, wo sie mit abgerundeter, leicht hakenförmig gekrümmter, 0,01 dicker Spitze endigte. Die Anlage der Schädelbasis war 0,1 dick; sie bestand wie früher aus locker gefugten spindel- und sternförmigen Zellen; letztere erstreckten sich in gerader Richtung über das abwärts gebogene Chordaende hinaus, zugleich an Mächtigkeit etwas zunehmend und stellten die Anlage des mittleren Schädelbalken dar in Form eines auf dem Sagittalschnitt 0,12 langen, 0,2 dicken Fortsatzes. Das Schlundepithel verlief wie früher längs der unteren Fläche der Schädelbasis bis zum Chordaende, welchem es unmittelbar ansass. Es bog dicht unterhalb des letzteren nach rückwärts um und berührte hier mit seiner verdünnten unteren Wand das gleichfalls dünne, die Mundbucht auskleidende Hornblatt, mit ihm zusammen die Remak'sche Rachenhaut bildend. Das Gehirn krümmte sich hufeisenförmig um den mittleren Schädelbalken; die Wandung sämmtlicher Abschnitte war ungemein stark gefaltet, durchschnittlich 0,03 dick, wie früher durchaus zellig. Die Basis des Mittelhirns ging am vorderen Ende des mittleren Schädelbalken unter nahezu rechtem Winkel in jene des Zwischenhirns über. Letztere zeigte dicht unter der Uebergangsstelle einen kurzen hohlen Vorsprung von 0,02 Höhe bei 0,04 Basis, welcher in einer seichten Bucht der unteren Wand des mittleren Schädelbalkens lag und bis dicht an das Chordaende und das letzterem aufsitzende Schlunddrüsenblatt heranreichte. Die Periphe-

rie des Vorder- und Zwischenhirns war wie früher von dem Hornblatt in einer Dicke von 0,01 überkleidet, die Zellen des letzteren waren zum Theil in Abflachung begriffen. Der glänzende Saum, welcher im vorigen Stadium das Gehirn vom Hornblatt schied, hatte einer dünnen Lage spindelförmiger und netzförmig verzweigter, zum Theil in zarte Fibrillen sich verlängernder Zellen Platz gemacht.

Das nächste Stadium beobachtete ich an Embryonen der Gans, welche sämmtliche vier Schlundspalten offen zeigten. Die Chorda besass eine Dicke von 0,06: sie verlief längs der Anlage des Nachhirns in wenig nach abwärts convexem Bogen; ihr Ende bog sich wie früher in einem Viertelkreisbogen nach abwärts und lief in eine conisch sich verjüngende, stumpfe, blasse, augenscheinlich in Atrophie begriffene Spitze aus. Ihre Zellen waren aufgehellt, nur die meist quer verlaufenden peripherischen protoplasmareich. Die Anlage der Schädelbasis hatte eine Dicke von 0,2 im Mittel; sie bestand aus spindelförmigen und sternförmigen Zellen, welche um die Chorda dichter gefügt waren als früher. Der mittlere Schädelbalken erstreckte sich in einer Länge von 0,28 bei einer Dicke von 0,32 über das Chordaende hinaus als geradlinige Verlängerung der Schädelbasis. Längs seiner hinteren Fläche verlief die Basilararterie, deren Weite 0,026 betrug; sie erstreckte sich bis an das obere Ende, wo sie bogenförmig nach vorne sich krümmte und an der Uebergangsstelle des Mittel- in das Zwischenhirn in ihre Endäste zerfiel. Das Schlundepithel haftete wie früher in mehrfacher Schicht der unteren Fläche der Schädelbasis an; hinter dem Chordaende war dasselbe zu einem flachen Vorsprung erhoben, indem zwischen ihm und der Schädelanlage die Carotis als ein 0,035 weiter blutführender Canal sich eingedrängt hatte. Da das Schlundepithel dem Chordaende noch anhaftete, so wurde durch diesen Vorsprung an der Uebergangsstelle auf die hintere Fläche des Zwischenhirns das Auftreten einer taschenartigen Vertiefung bedingt. Diese Tasche, die Anlage der zukünftigen Hypophysis, hatte eine Höhe von 0,35; ihr oberes spitzes Ende lag unter der Spitze der Chorda: unten stand sie mit 0,1 weiter Oeffnung mit der Schlundhöhle in Communication. Ihre vordere Wand ging in das die hintere Fläche des Zwischenhirns bekleidende Epithel continuirlich über, letzteres war von der Substanz des Zwischenhirns durch eine 0,01 dicke Lage spindelförmiger Zellen geschieden. Die Remak'sche Rachenmembran war geschwunden; der Uebergang des Schlunddrüsenblatts in das Hornblatt innerhalb der Mundhöhle ein continuirlicher. Das Gehirn war weniger gekrümmt als im vorigen Stadium, da durch die Vergrösserung des Herzens das Vorderhirn etwas emporgedrängt war. Die Wandung sämmtlicher Gehirn-

Digitized by Google

abschnitte war beträchtlich dicker als früher, die Faltung etwas geringer. Das Mittelhirn ging am vorderen Ende des mittleren Schädelbalken unter spitzem Winkel in die Basis des Zwischenhirns über. An letzterer waren die beiden Hauptabschnitte bereits erkennbar: vorne das Trigonum cinereum, an dessen unterer Fläche nahe dem vorderen Ende das Chiasma sichtbar war, hinten das geräumige Infundibulum. Letzteres lag mit seiner Rückenfläche dem mittleren Schädelbalken an; der flache Vorsprung, welchen es im vorigen Stadium dicht unterhalb der Uebergangsstelle in das Mittelhirn zeigte, hatte sich zu einem cylindrischen, 0,15 langen, an der Basis 0,1 dicken Fortsatz gestaltet, welcher in einer Vertiefung des mittleren Schädelbalkens lag. Das Ende dieses Fortsatzes stand mit der Umgebung nirgends im Zusammenhang; es wurde von dem Chordaende durch eine 0,12, von der vorderen Wand der Hypophysentasche durch eine 0,6 messende Schicht spindelförmiger Zellen geschieden, welche von dem mittleren Schädelbalken aus zu der noch dünnen Anlage des zukünftigen Präsphenoidknorpels sich erstreckten.

Ich untersuchte endlich einen Embryo der Gans vom 6. Bebrütungstage. Die Chorda war 0,11 dick, sie verlief wie früher in sanftem Bogen durch die Anlage des Sphenooccipitalknorpels und wandte sich am vorderen Ende im Bogen nach abwärts, um mit abgerundeter, auffallend blasser Spitze zu endigen. An der Schädelbasis hatte sich die Anlage des Sphenooccipitalknorpels von dem Gewebe der Arterienscheiden deutlicher gesondert, ihre Dicke betrug durchschnittlich 0,3; sie bestand aus kurzen spindelförmigen, ziemlich dicht gefügten Zellen. Ueber das vordere Ende erstreckte sich der mittlere Schädelbalken in einer Höhe von 0,8 bei 0,65 Dicke hinaus, seine Zellen waren viel lockerer gefügt als jene des zukünftigen Knorpels. Längs der dorsalen Fläche des Sphenooccipitalknorpels verlief die 0,06 weite Basilararterie in eine 0,12 dicke, aus locker angeordneten spindel- und netzförmigen Zellen bestehende Scheide eingebettet; diese Scheide verschmolz mit dem mittleren Schädelbalken. Das Schlundepithel war an der unteren Fläche des hinteren Keilbeinknorpels durch die jetzt 0,07 weite Carotis und ihre Scheide von der Schädelbasis abgedrängt, der früher flache Wulst hatte entsprechend an Höhe zugenommen. Die Anlage der Hypophysis war höher und weiter als im vorigen Stadium und stellte auf dem Sagittalschnitt ein spitzwinkliges Dreieck dar von 0,65 Höhe, welches statt der Basis eine 0,15 weite Oeffnung besass, mittelst welcher es mit der Höhle des Schlunds communicirte. Das Chordaende lag von dem oberen Ende der Hypophysenanlage 0,08 entfernt, indem, wie ich vermuthe in Folge eines Schwundes der Chordaspitze, spindelförmige

Digitized by Google

Zellen vom anliegenden mittleren Schädelbalken aus zwischen beide sich eingedrängt hatten. Zwischen vorderer Wand der Hypophysenanlage und dem Zwischenhirn lag eine 0,02 dicke Schicht spindelförmiger Zellen, welche abwärts in die zwischen 0,15 und 0,3 dicke Anlage des Präsphenoidknorpels sich fortsetzten. Die Höhlung der Hypophysenanlage war in ganzer Ausdehnung von dem Schlundepithel ausgekleidet. Die Gehirnkrümmung war gegen früher wieder etwas flacher geworden. Die Basis des Zwischenhirns zeigte nahe dem vorderen Ende des Trigonum cinereum die 0,2 hohe, 0,1 dicke Anlage des Chiasma; das Infundibulum war hohl, seine Wandung 0,05 dick, durchaus zellig, der Processus infundibuli 0,2 lang, 0,15 an der Abgangsstelle dick, von dem Chordaende und der Hypophysenanlage durch zwischenliegende Partien des mittleren Schädelbalkens getrennt.

Auf nahezu gleicher Entwicklungsstufe befanden sich Hühnerembryonen vom vierten Brütungstag. Die Chorda war von der Anlage des Sphenooccipitalknorpels umgeben, ihr vorderes Ende krümmte sich bogenförmig nach abwärts, war sehr blass und endete eine kurze Strecke von der Hypophysenanlage entfernt. Die Basilararterie war 0,025 dick, während die Mächtigkeit der Carotiden 0,028 betrug. Die untere Fläche der Schädelbasis war von dem Schlundepithel in 0,024 mächtiger Schicht bekleidet, letzteres war hinter dem Chordaende durch die Carotis und ihre Scheide zu einem flachen Wulst erhoben, welcher die hintere Wand der Hypophysenanlage bildete. Letztere stellte einen dreieckigen Hohlraum von 0,25 Höhe dar, welcher oben spitz zulief, unten mit 0,1 weiter Oeffnung mit der Höhle des Schlundes communicirte und von einer Fortsetzung des Schlundepithels ausgekleidet war. Die Zwischenhirnbasis war von der vorderen Wand der Hypophysenanlage und dem Chordaende durch spindelförmige, vom mittleren Schädelbalken abstammende Zellen getrennt, die erste Anlage des Processus infundibuli als flacher Vorsprung eben kenntlich (vergl. Taf. IX, Fig. 1).

Bei dem Hühnchen vom fünften Bebrütungstag war das bogenförmig gegen die Schlundfläche zu gekrümmte Chordaende in grösserer Ausdehnung atrophisch geworden. Anlage des Sphenooccipitalknorpels und Scheide der Basilararterie waren deutlich gesondert, der mittlere Schädelbalken erstreckte sich 0,6 Mm. weit bei einer Dicke von 0,4 über das Chordaende hinaus. Die Basilararterie war 0,05, die innere Carotis 0,08 weit, beide besassen eine aus locker gefügten spindel- und netzförmigen Zellen bestehende Scheide. Das Schlundepithel war an der unteren Fläche des hinteren Keilbeinknorpels in Folge der Vo-

Digitized by Google

lumzunahme der Carotis stärker vorgewölbt, die Anlage der Hypophysis stellte eine in sagittaler Richtung comprimirte Tasche von 0,5 Länge bei 0,1 Weite dar. Sie communicirte mit der Höhle des Schlundes durch eine trichterförmige, 0,15 weite Oeffnung und war von einer Fortsetzung des Schlundepithels ausgekleidet. Das Epithel erwies sich geschichtet, die innerste Zellenlage cylindrisch mit glänzendem Saum, die peripherischen spindelförmig und rundlich, alle mit zartem Protoplasma und rundlichem Kern von 0,0035. Die hintere Wand der Tasche zeigte einige leichte Faltungen. Das Zwischenhirn war von der vorderen Wand der Hypophysenanlage und dem Chordaende durch eine stärkere Zellenlage als früher getrennt, der Processus infundibuli hatte an Länge wenig gewonnen (vergl. Taf. IX, Fig. 2).

Bei dem 7 Tage alten Hühnchen besass die Chorda eine Dicke von 0,14. Sie verlief mit sanftem Bogen durch den Sphenooccipitalknorpel und endete mit leicht nach der Schlundfläche gekrümmter abgerundeter Spitze 0,2 von letzterer entfernt. Der mittlere Schädelbalken erstreckte sich 0,9 über das Chordaende hinaus bei 0,45 Dicke, er bestand vorwiegend aus locker angeordneten netzförmigen Zellen. Längs seiner hinteren Fläche verlief die Basilararterie, um an seinem verdickten Ende bogenförmig nach vorne sich zu wenden und an der Uebergangsstelle des Mittelhirns in das Zwischenhirn ihre Endäste abzugeben. An der Basis des hinteren Keilbeinknorpels lag, von der hinteren Fläche der Hypophysenanlage nur durch eine 0,02 dicke, aus spindelförmigen Zellen bestehende Lamelle getrennt, die 0,2 weite innere Carotis. Da sie regelmässig im Querschnitt erschien, vermuthe ich, dass in dieser frühen Zeit eine Anastomose zwischen den beiden Carotiden an der Basis des hinteren Keilbeins vorhanden ist. Die Anlagen des Sphenooccipital- und des Präsphenoidknorpels hatten an Dicke gewonnen. In Folge davon war der untere Abschnitt der Hypophysenanlage in einen schmalen, von Epithel ausgekleideten Gang umgewandelt, der in einer Länge von 0,3 bei einer Dicke von 0,07 die Schädelbasis in ziemlich senkrechter Richtung durchsetzte. Das Lumen dieses Ganges bestimmte ich zu 0,01, die Dicke der Epithelschicht zu 0,03. An der Ausmündungsstelle ging das Epithel continuirlich in das Schlundepithel über. Der obere Theil der Hypophysenanlage war nach rückwärts umgebogen; er zeigte bei einer Länge von 0,6 eine keilförmige Gestalt, mit 0,3 breiter, abwärts liegender Basis und 0,005 dicker Spitze. Durch die ganze Länge dieses Theils erstreckte sich ein centrales Lumen mit einem Durchmesser von 0,02. Die Wandung selbst war gegen früher insofern verändert, als die Epithelschicht eine Anzahl zapfenförmig in die umgebende Bindesubstanz vordringender Verdickungen zeigte, deren Länge

Digitized by Google

zwischen 0,05 und 0,1, deren Dicke zwischen 0,01 und 0,05 schwankte. Das Epithel zeigte wie früher den Charakter geschichteten Cylinderepithels. Der hinteren Fläche des Drüsenkörpers lag der hintere Keilbeinknorpel an; nach vorne wurde derselbe durch eine 0,02 breite, aus spindelförmigen Zellen bestehende Leiste vom anstossenden Zwischenhirn geschieden. Die Wandung des letzteren war dicker als früher, durchaus zellig; der Processus infundibuli 0,1 lang, ebenso breit, hohl; sein Ende lag dicht über der Spitze der Hypophysenanlage, ohne mit demselben in festerem Zusammenhang zu stehen, seiner hinteren Fläche entsprach eine flache Ausbuchtung des mittleren Schädelbalken (vergl. Taf. IX, Fig. 3).

Bei dem 10 Tage alten Hühnchen war die Chorda am hinteren Ende der Schädelbasis 0,17 dick, sie verschmälerte sich im Verlauf durch dieselbe allmälig und endete nahe der hinteren Fläche des Postsphenoidknorpels mit 0,06 dicker abgerundeter Spitze. Die Anlage des Sphenooccipitalknorpels war nicht nur dicker geworden, sondern es waren auch ihre Zellen kürzer und von einer merklichen Menge hyaliner Intercellularsubstanz umgeben. Der mittlere Schädelbalken besass, vom Chordaende aus gemessen, eine Höhe von 1,4 bei einer Dicke von 0,4. Seine Zellen waren noch lockerer angeordnet als früher, wodurch sein Gewebe von dem an seiner Basis befindlichen Knorpel auf den ersten Blick sich unterschied. Die Arteria basilaris verlief dicht hinter seiner Mitte, ihr Durchmesser betrug 0,15; sie zeigte in ihrer Wand bereits quergestellte spindelförmige Zellen. In Folge des Beginns der Verknorpelung war sowohl der Contour der zukünftigen Sattellehne, welche sich 0,15 über das Chordaende erhob, als jener des vorderen und hinteren Keilbeins deutlich erkennbar. Der Zwischenraum beider Knorpel war ausgefüllt von dichtgedrängten spindelförmigen Zellen; ausser diesen Zellen fand sich hier ein 0,04 dicker Gang, welcher sich vom Rachenepithel aus continuirlich mit einer leichten Biegung nach vorwärts bis zur Höhle der Hypophysis verfolgen liess. Dieser Gang besass ein schmales Lumen von 0,008, er war ausgekleidet von einem niedrigen Cylinderepithelium. Die ursprüngliche Höhle der Hypophysenanlage war auf einen longitudinalen, 0,25 langen, 0,05 breiten Spalt reducirt, welcher von Cylinderepithel ausgekleidet war. Die Hypophysis selbst stellte einen nahezu cubischen, 0,6 dicken und ebenso hohen Körper dar, welcher aus einer grösseren Zahl leicht gewundener, hie und da anastomosirender Schläuche von 0,02 bis 0,04 Mm. Durchmesser sich zusammensetzte. Diese Schläuche besassen eine sehr zarte Membrana propria und waren erfüllt von kernhaltigen Epithelien, welche in der Peripherie mehr cylindrisch bei senkrechter Stellung

Digitized by Google

gegen die Wandung, im Innern mehr polygonal und rundlich gestaltet waren. Nur in einzelnen Schläuchen liessen diese Zellen ein schmales Lumen frei. Die Interstitien der Schläuche waren durchsetzt von zarten Bindesubstanzzügen mit theils spindelförmigen, theils netzförmig verzweigten Zellen. Da stellenweise Blutkörper in dieser Bindesubstanz erkennbar waren, schliesse ich, dass das interstitielle Gewebe in diesem Entwicklungsstadium bereits mit Gefässanlagen versehen ist (vergl. Taf. IX, Fig. 4).

An der unteren Fläche der Hypophysis dicht hinter der Abgangsstelle ihres Rachengangs lag die 0,2 Mm. im Durchmesser haltende Anastomose zwischen den inneren Carotiden; nach vorne grenzte sie an das Chiasma, durch eine 0,15 dicke, aus spindelförmigen Zellen bestehende senkrechte Leiste von ihm geschieden. Eine ähnliche, in der Richtung von vorne nach rückwärts sich verjüngende Leiste trennte die obere Fläche der Hypophysis von dem anliegenden Zwischenhirn. Letzteres liess Trigonum cinereum und Infundibulum noch deutlicher als früher unterscheiden; an der unteren Fläche des ersteren lag das Chiasma, welches seine langgestreckten Spalten bereits erkennen liess. Das Infundibulum entsandte dicht über dem hintersten Theil der oberen Fläche der Hypophysis den conisch gestalteten, 0,25 langen, 0,14 Mm. dicken Processus infundibuli, welcher aus einer centralen, 0,02 im Durchmesser haltenden Höhle und einer aus geschichteten cylindrischen Zellen bestehenden Wandung von 0,06 Dicke sich zusammensetzte. Der Fortsatz hatte sich zwischen die hintere Fläche der obersten Partie der Hypophysis und des Perichondrium der vorderen Fläche der Sattellehne eingedrängt und war von beiden durch eine eben wahrnehmbare Lage spindelförmiger Zellen geschieden.

Bei dem zwölf Tage alten Hühnchen hatte die Beschaffenheit der Chorda nicht wesentlich sich verändert. Die Schädelbasis war noch deutlicher knorplig geworden, der mittlere Schädelbalken erstreckte sich 1,7 Mm. weit über das Chordaende hinaus bei einer Dicke von 0,3 bis 0,4. Er war in voller Umwandlung zur Scheide der Arteria basilaris begriffen, welche mit einem Durchmesser von 0,22 durch seine Mitte verlief, sein Gewebe war wie früher locker, vorwiegend aus Zellen mit netzförmig verzweigtem Protoplasma gebildet, dazwischen fanden sich bereits deutliche Fibrillenzüge. Vorderer und hinterer Keilbeinknorpel waren noch durch eine dünne Perichondriumlage geschieden; durch diese erstreckte sich vom vorderen Umfang der Hypophysis aus ein schmaler, nur 0,04 im Durchmesser haltender Gang nach rückwärts und abwärts zum Rachenepithel. Derselbe war solid und mit nahezu quadratischen, stark körnigen Zellen dicht erfüllt. Die Gestalt

Digitized by Google

der Hypophysis war auch jetzt nahezu cubisch, ihre Höhe und Dicke ergab sich gleichmässig zu 0,75. Sie bestand wie früher aus cylindrischen, etwas gewundenen, hie und da mit einander anastomosirenden Schläuchen, deren Durchmesser im Mittel 0,03 betrug, von 0,015 bis 0,045 schwankend. Sie hatten nur theilweise ein schmales centrales Lumen und waren wie früher erfüllt von Epithelien, welche an der Peripherie cylindrisch und spindelförmig, gegen die Mitte zu mehr polygonal und rundlich waren. Die interstitielle Bindesubstanz zeigte deutliche Gefässanlagen. Die ganze Drüse war von einer dünnen, aus spindelförmigen Zellen bestehenden Kapsel umgeben. An die untere Fläche der Hypophysis grenzte die auf 0,12 reducirte Anastomose zwischen beiden inneren Carotiden, letztere besassen einen Durchmesser von 0,24. Nach vorne grenzte sie an das Chiasma; die zwischen beiden liegende senkrechte Leiste erwies sich nur mehr 0,1 dick, viel lockerer als früher und vorwiegend aus netzförmigen Zellen bestehend. Zwischen der oberen Fläche der Drüse und der Zwischenhirnbasis erstreckte sich die Anlage der Dura mater in Form einer nach rückwärts sich verschmälernden, aus dicht gedrängten spindelförmigen Zellen bestehenden Lamelle. Von der überliegenden Pia mater aus erstreckten sich mehrere feine Gefässe durch eine Lücke der Dura hindurch zur oberen Fläche der Hypophysis; letztere hatte eine Anzahl schmaler, parallel verlaufender Drüsenschläuche längs der Gefässe in die Höhe entsendet, wodurch ein 0,2 langer, 0,12 dicker, aus Gefässen und Drüsensubstanz bestehender Strang gebildet wurde. Die Dimensionen sämmtlicher Abschnitte der Zwischenhirnbasis hatten entsprechend zugenommen. Der Processus infundibuli erstreckte sich wie früher in den Raum zwischen oberer und hinterer Fläche der Hypophysis und vorderer Fläche der Sattellehne, seine Länge betrug jetzt 0,35 bei 0,12 Dicke. Das mit der Höhle des Zwischenhirns communicirende Lumen war 0,02 weit, die Wandung 0,05 dick. Sie bestand aus einer inneren Lage cylindrischen Epithels und einer darauf folgenden Lage dicht gedrängter rundlicher und spindelförmiger, radiär gestellter Zellen, während an der sonst gleichgebauten Zwischenhirnbasis eine fein radiär gestreifte, homogene Grenzschicht sich erkennen liess, welche nahe der Abgangsstelle des Processus infundibuli sich auskeilte.

In einem noch etwas späteren Entwicklungsstadium befanden sich die Hypophysis und der Trichterfortsatz eines 24 Mm. langen Staarembryos. Die beiden Keilbeinknorpel waren bei diesem Embryo von continuirlichem Zusammenhang, der mittlere Schädelbalken 1,4 lang, 0,25 bis 0,3 dick, eine lockere Scheide der Basilararterie bildend. Ein Verbindungsgang zwischen Rachenepithel und Hypophysis war nicht

Digitized by Google

mehr vorhanden. Letztere war auch hier auf dem Sagittalschnitt nahezu quadratisch, 0,6 hoch, 0,5 dick. Sie bestand aus denselben schlauchförmigen Drüsenanlagen wie bei den zuletzt geschilderten Hühnerembryonen; nahe ihrer vorderen Fläche besass sie eine dreieckige, von Cylinderepithel ausgekleidete Höhle von 0,08 Seitenlänge als Rest der ursprünglichen Anlage. Sie besass eine dünne, aus spindelförmigen Zellen bestehende Kapsel, von welcher gefässführende Ausläufer zwischen die Schläuche sich erstreckten. An der unteren Fläche des Organs im Boden der Sattelgrube lag, in dichtes Bindegewebe eingebettet, ein Plexus dünnwandiger, ziemlich geräumiger Venen. Eine Anastomose zwischen den Carotiden war nicht nachweisbar. Nach vorne grenzte die Drüse an das Chiasma, durch eine lockere Zellenschicht von ihm getrennt; eine aus dichtgedrängten spindelförmigen Zellen bestehende Membran erstreckte sich zwischen ihrer oberen Fläche und den weichen Hirnhäuten an der Basis des Zwischenhirns; von letzteren aus verlief eine Gruppe kleiner Arterien senkrecht zur Hypophysis, in die Grenze zwischen mittlerem und hinterem Drittheil von deren oberer Fläche eintretend; die Drüsenschläuche traten längs derselben als schmale, parallel verlaufende Stränge eine Strecke weit über das Niveau der Oberfläche hervor. Der Processus infundibuli hatte dieselbe Lagerung wie bei dem Huhn, er maass 0,15 in der Länge, 0,11 in der Dicke, seine mit dem Infundibulum communicirende Höhle war 0,033 weit; sie war ausgekleidet von cylindrischem Epithel, auf dieses folgte eine Schicht dichtgedrängter runder und spindelförmiger Zellen, mit dem Epithel von 0,033 Mächtigkeit und auf diese eine schmale peripherische Lage homogener, feingranulirter Substanz mit spärlichen runden Kernen in einer Dicke von 0,006, gegen die Spitze des Fortsatzes zu sich verdünnend.

Aus der Classe der Säugethiere hatte ich Gelegenheit Embryonen des Schweins, Schafs und Kaninchens [1]) in einem Stadium zu untersuchen, in welchem die Verbindung zwischen Hypophysis und Schlund noch erhalten war. Die betreffenden Embryonen hatten übereinstimmend eine zwischen 16 und 18 Mm. betragende Länge. Bei allen war die Schädelbasis stark gekrümmt, so dass sie vom ersten Halswirbel bis zur Stirne einen Halbkreis beschrieb, dessen höchster Punkt an der Ausmündung des Hypophysengangs lag. Die Anlage des Sphenooccipitalknorpels hatte eine Dicke von 0,4, jene des vorderen Keilbeinknor-

1) Einen grossen Theil des Materials an Säugethierembryonen verdanke ich dem Vorstand der hiesigen thierärztlichen Klinik, Medicinalassessor Dr. Zürn und dem städtischen Thierarzte zu Nürnberg, Herrn K. Schwarz.

pels eine solche von 0,3 Mm. Die ganze Schädelbasis bestand aus kurzen Spindelzellen, welche nur hie und da etwas farblose Intercellularsubstanz zwischen sich hatten. Die Chorda verlief mit mehreren Biegungen durch den hinteren Abschnitt der Schädelbasis, nahe ihrem vorderen Ende verlor sie ihre homogene Cuticula; sie krümmte sich, nur aus protoplasmahaltigen blassen Zellen bestehend, nach abwärts, um sodann, horizontal nach vorne verlaufend, 0,06 hinter der Hypophysenanlage mit einer leichten knopfförmigen Verdickung von 0,036 zu enden. Die untere Fläche der Schädelbasis war von dem cylindrischen Schlundepithel bekleidet, die obere Fläche hatte über sich eine 0,2 dicke, lockere, aus spindelförmigen und netzförmigen Zellen bestehende Bindesubstanzschicht, in welcher die 0,05 weite Basilararterie verlief, an das Nachhirn einzelne Zweige abgebend. Der mittlere Schädelbalken erhob sich 2,4 Mm. hoch, 0,45 Mm. dick senkrecht gegen die Schädelhöhle; er bestand aus locker angeordneten spindelförmigen und sternförmigen Zellen und enthielt die nahe seiner hinteren Fläche verlaufende Basilararterie, welche sich in seinem verdickten Ende nach vorwärts krümmte, um an der Uebergangsstelle des Mittelhirns in das Zwischenhirn ihre Endäste abzugeben. Die Anlage der Hypophysis stellte auf Sagittalschnitten ein elliptisches Säckchen dar von 0,6 Höhe bei 0,08 Dicke. Sie lag mit ihrer grossen Achse senkrecht zur Längsachse der Schädelbasis, besass eine centrale, 0,01 weite, längsverlaufende Höhle und eine aus geschichtetem Cylinderepithel bestehende Wandung, welche sich gegen das Lumen scharf abgrenzte. Vom unteren Ende dieses Säckchens, welches im vorderen Theil der Basis des mittleren Schädelbalkens lag, erstreckte sich ein 0,016 dicker, von kurzem Cylinderepithel ausgekleideter, an der Ein- und Ausmündungsstelle leicht conisch erweiterter Gang senkrecht durch die Anlage der Schädelbasis bis zur Rachenhöhle. Die inneren Carotiden verliefen hinter diesem Gang, sie waren 0,06 weit, bogen sich unterhalb des Chordaendes nach vorne und traten hierauf zur Seite der Hypophysenanlage senkrecht in die Schädelhöhle ein. Das Zwischenhirn war von der vorderen Fläche des Hypophysensäckchens durch eine schmale Schicht spindelförmiger Zellen geschieden, es hatte mit der oberen Fläche des Schädels nirgends einen festeren Zusammenhang. Seine Basis liess eine untere, zwei seitliche und eine hintere Fläche unterscheiden; letztere erstreckte sich bis zum Ende der Basilararterie, wo sie unter scharfer Biegung in die Basis des Mittelhirns überging. Die untere Fläche bestand aus einer weniger geräumigen vorderen Abtheilung, Trigonum cinereum, welcher der Anlage des Chiasma anlag, und einer geräumigeren hinteren, dem Infundibulum. Letzteres entsandte

Digitized by Google

dicht über dem oberen Ende des Hypophysensäckchens aus seiner hinteren Wand den 0,4 langen, 0,12 dicken Processus infundibuli, welcher in der Richtung nach rückwärts und abwärts zwischen hinterer Wand der Hypophysenanlage und mittlerem Schädelbalken sich eindrängte. Er hatte ein centrales, durch seine ganze Länge sich erstreckendes Lumen von 0,02, welches mit der Höhle des Zwischenhirns in Verbindung stand; seine 0,05 dicke Wand war gleich jener des letzteren nach Innen von cylindrischem Epithel, nach Aussen von einer mehrschichtigen Lage spindelförmiger und elliptischer Zellen gebildet, welche in radiärer Richtung um die Höhle angeordnet waren. Der obere Theil der hinteren Wand des Zwischenhirns, die zukünftige Lamina posterior infundibuli, liess noch keine Anlage der Corpora candicantia erkennen (vergl. Taf. X, Fig. 6).

Das nächste Stadium untersuchte ich an 24 Mm. langen Embryonen des Schweins und Menschen. Die Verhältnisse waren bei beiden in allen wesentlichen Punkten übereinstimmend. Die Schädelbasis erwies sich flacher gekrümmt als früher, ihre Dicke am Sphenooccipitalknorpel betrug 0,5, am vorderen Keilbeinknorpel 0,4. Sie war wie früher von spindelförmigen Zellen gebildet. Diese waren in den centralen Abschnitten dicker und kürzer geworden und hatten geringe Mengen einer homogenen Intercellularsubstanz abgeschieden. Die Chorda bog sich in ihrem Verlauf durch den Sphenooccipitalknorpel erst stark nach abwärts, dann mit ihrem vorderen Theil aufwärts, ihr Ende lag 0,3 hinter der Anlage der Hypophysis, 0,1 unterhalb der Oberfläche des vom Knorpel noch nicht deutlich gesonderten Perichondriums des hinteren Keilbeins. Ihr vorderstes Ende musste einem vollkommenen Schwund anheimgefallen sein, da von demselben keine Spur mehr aufzufinden war. Längs der oberen Fläche des Sphenobasilarknorpels verlief, in eine 0,14 dicke lockere Bindegewebsschicht eingebettet, die 0,07 weite Basilararterie. Der mittlere Schädelbalken war 3 Mm. lang, 0,4 dick; er bestand wie früher aus locker angeordneten, vorwiegend sternförmigen Zellen und enthielt, 0,1 von seiner hinteren Fläche entfernt, die nach oben verlaufende Arteria basilaris. Die Carotis interna verlief wie früher, ihr Durchmesser hatte bis 0,08 zugenommen. Die Anlage der Hypophysis war 0,7 hoch, 0,3 an den Seiten, 0,2 in der Mitte dick. Ihre Epithellage war durch das Hereinwachsen zarter, aus spindelförmigen Zellen bestehender Bindesubstanzzüge gefaltet und das früher einfache Säckchen in eine Anzahl schmaler, noch untereinander communicirender Hohlräume zerlegt, deren Durchmesser 0,08 betrug. Sie besassen eine aus geschichtetem Cylinderepithel bestehende Wand. Ein Verbindungsgang zwischen Hypophyse und Rachenepithel war

Digitized by Google

nicht mehr vorhanden. Vom vorliegenden Zwischenhirn wurde die Drüse durch eine 0,02 dicke Lage spindelförmiger Zellen geschieden. Der wie früher längs ihrer hinteren Wand sich erstreckende Processus infundibuli war 0,55 lang, 0,15 dick, seine Beschaffenheit hatte sich nicht geändert.

Bei dem Fötus des Schafs von 31 Mm. Länge war die Hypophysis 0,85 hoch, 1,25 breit, 0,2 bis 0,35 dick. Die Drüsensubstanz bestand aus einer Anzahl hohler Schläuche, welche zahlreicher waren als im vorigen Stadium und durch stärkere Entwicklung der interstitiellen Bindesubstanz ausser Continuität gesetzt wurden.

Bei dem Schaffötus von 4 Centimeter war die Krümmung der Schädelbasis sehr gering, der Sphenobasilarknorpel 0,8, der Knorpel des vorderen Keilbeins 1,2 dick. Alle diese Knorpel hingen continuirlich zusammen, nur jener der Sattellehne war durch einen 0,03 breiten Perichondriumstreif von jenem des hinteren Keilbeins abgetrennt. Die Chorda durchsetzte mit welligen Biegungen den Basilarknorpel, um im hinteren Keilbeinknorpel sich zu erheben und 0,8 Mm. hinter der Spitze der Sattellehne in den unteren Schichten des Perichondrium mit abgerundeter, 0,03 dicker Spitze zu endigen. An der oberen Fläche des Sphenobasilarknorpels verlief die 0,15 weite Arteria basilaris in eine dünne Bindegewebslamelle eingebettet; der mittlere Schädelbalken, in dessen Mitte sie zur Umbeugungsstelle des Mittelhirns in das Zwischenhirn sich begab, war 3,2 Mm. hoch bei 0,25 Mm. Dicke, er war auf eine dünne, aus Fibrillen mit zwischenliegenden spindelförmigen Zellen bestehende Scheide der Basilararterie reducirt. Die Carotis verlief 0,18 dick durch die Schädelbasis, um seitlich von der Hypophysis in die Schädelhöhle einzutreten. Die Hypophysis lag in der jetzt deutlich ausgebildeten Keilbeingrube, schief von unten und rückwärts nach oben und vorne sich erstreckend, ihre Länge betrug 1 Mm., ihre Dicke am Isthmus 0,35, seitlich 0,45. Sie bestand aus gewundenen, hie und da anastomosirenden Schläuchen, deren Durchmesser zwischen 0,01 und 0,05 schwankte. Die Mehrzahl dieser Schläuche war solid, nur am hinteren Umfang der Drüse hatte sich ein 0,4 langer, 0,08 breiter Hohlraum erhalten als Rest der ursprünglichen Hypophysenhöhle; er war von geschichtetem Cylinderepithel ausgekleidet, welches mit scharfem Saum das Lumen begrenzte. Die schlauchförmigen Drüsenanlagen zeigten eine dünne Membrana propria, ihr Inneres war ganz erfüllt von Zellen, deren Gestalt alle möglichen Zwischenstufen zwischen ausgeprägten Cylinderepithelien und kugeligen Formen darbot. Umgeben war die Hypophysis allseitig von einer an spindelförmigen Zellen reichen bindegewebigen Kapsel, welche schmale gefässhaltige Fortsätze in die Interstitien zwischen den

Digitized by Google

einzelnen Schläuchen sandte. Gegen das Chiasma hin erstreckte sich von der Hypophysis ein schmaler zungenförmiger Fortsatz, aus einer Anzahl kleiner Arterienzweige und schmaler parallel verlaufender Drüsengänge sich zusammensetzend. Die Beschaffenheit der Zwischenhirnbasis hatte sich gegen das frühere Stadium nicht unerheblich verändert. Ueber und vor dem Chiasma lag ein hohler Abschnitt, welcher nach Analogie mit dem entsprechenden Abschnitt der Fische und Amphibien als Trigonum cinereum bezeichnet werden kann. Er erstreckte sich 1,4 weit über das Chiasma nach vorne und ging hier in die zukünftige Lamina terminalis über. Das Chiasma lag der unteren Wand des Trigonum cinereum an und wölbte letztere aufwärts, es war 1 Mm. lang, 0,5 hoch, seine Basis beschrieb einen flachen, von einem gefässführenden Bindegewebsnetz ausgefüllten Bogen. Das Infundibulum stellte eine unbedeutende Erweiterung der Höhle des Tuber cinereum anterius dar, seine Wandung war durchschnittlich 0,15 dick. Sie wurde nach Innen gebildet von flimmerndem Epithel, darauf von einer 0,07 dicken Lage runder und spindelförmiger, dicht gedrängter Zellen und schliesslich von einer 0,008 dicken Schicht homogener, sehr feinkörniger Substanz. Der Processus infundibuli, welcher im früheren Stadium von der hinteren Wand des Infundibulum in einer Höhe von 0,5 über der Basis entsprungen war, ging jetzt 0,6 Mm. hinter dem Chiasma vom Ende der Basis des Infundibulum ab. Es musste demnach das Infundibulum gegenüber den umgebenden Theilen in seinem Wachsthum zurückgeblieben sein. Die Abgangsstelle lag etwas vor dem hinteren Ende der Hypophysis, der Fortsatz erstreckte sich vor der Sattellehne in einer Länge von 1 Mm. bis nahe dem Boden der Sattelgrube. Seine Gestalt war cylindrisch, seine Dicke, welche an der Abgangsstelle 0,17 betrug, verminderte sich allmälig gegen die Spitze; dem entsprechend verengte sich seine Höhle, welche vom Zwischenhirn aus durch seine ganze Länge sich erstreckte, von 0,03 allmälig auf 0,01. Die Wandung bestand aus einer cylindrischen, das Lumen begrenzenden Epithelschicht, einer mehrfachen Schicht runder und elliptischer, kernhaltiger Zellen und einer peripherischen, gegen das Ende des Fortsatzes zu sich verjüngenden Lage feinkörniger, einzelne Kerne enthaltender Substanz, welche an der Abgangsstelle in die entsprechende Lage des Zwischenhirns continuirlich sich fortsetzte (vergl. Taf. X, Fig. 7). Dagegen hatte die hintere Wand der Zwischenhirnbasis gegen früher an Ausdehnung gewonnen. Schon bei den Embryonen von 18 Mm. liess sich an dem der Vorderfläche des mittleren Schädelbalken oberhalb der Abgangsstelle des Processus infundibuli anliegenden Gehirnabschnitt eine untere dünnere Partie unterscheiden, welche 1 Mm. oberhalb des Trichterfort-

Digitized by Google

satzes in eine senkrechte Falte erhoben war. Ueber der Falte folgte eine dickere Partie, welche in die Basis des Mittelhirns ohne scharfe Grenze sich fortsetzte und gleich dieser die parallelen Fasern der Hirnschenkel zur peripherischen Begrenzung hatte. Beide Abschnitte liessen sich auch jetzt unterscheiden. Der untere dünnwandige, die zukünftige Lamina posterior infundibuli, war 1,4 Mm. hoch; die senkrechte Falte an seinem oberen Ende war nahezu ausgeglichen; darauf nahm wie früher die Dicke der Wand rasch zu und es erfolgte der Uebergang in das Mittelhirn.

Bei dem Schaffötus von 7 Centimeter Länge war der Knorpel der Sattellehne mit jenem des hinteren Keilbeins continuirlich verbunden. Die Knorpel des Basilarbeins und des vorderen Keilbeins waren bereits in Verkalkung begriffen: die Chorda war schmäler als früher, sie verlief gebogen durch die Schädelbasis, erhob sich im hinteren Keilbein und endigte mit stumpfer, 0,02 dicker Spitze in den unteren Perichondriumlagen 2 Mm. hinter der Spitze der Sattellehne[1]. Der mittlere Schädelbalken war 3,5 hoch, 0,18 dick, er enthielt die 0,15 im Durchmesser haltende Basilararterie, deren fibröse Scheide darstellend. Die Hypophysis lag wie früher schief von unten und rückwärts nach oben und vorne gerichtet in der Sattelgrube. Sie war 1,2 Mm. lang, 0,6 dick; von ihrem vorderen Ende erstreckten sich schmale Ausläufer der Drüsensubstanz bis nahe zum Chiasma nervi optici, von einer Gruppe dünner, parallel verlaufender Arterienzweige umgeben. Der Bau der Hypophysis sowie jener des interstitiellen Gewebes erwies sich gegen das vorige Stadium nicht wesentlich verändert. Das Chiasma war 1,5 lang, 1 Mm. hoch; die dünne Partie der hinteren Wand der Zwischenhirnbasis erstreckte sich vom Trichterfortsatz aus 1,8 Mm. vor dem mittleren Schädelbalken in die Höhe. Der Trichterfortsatz ging 1,2 Mm. hinter dem Chiasma über der Grenze des mittleren und hinteren Drittheils der oberen Fläche der Hypophysis von der Basis des Infundibulum ab, er war 1,5 Mm. lang, 0,3 dick. Seine Höhle stand wie früher mit jener des Infundibulum im Zusammenhang und erstreckte sich durch seine ganze Länge; ihr Durchmesser betrug nahe dem Ursprung 0,03, nahe der Spitze 0,01. Seine Epithelbekleidung und die dieser anliegende Zellenschicht verhielten sich wie früher, die peripherische, homogene Schicht dagegen war mächtiger geworden: sie enthielt eine Anzahl von Capillarschlingen, welche von der Umgebung aus in sie

1) Virchow hat behauptet (Entw. des Schädelgrundes p. 11), dass die Chorda im zweiten Monat beim Menschen schon atrophirt und nicht mehr auffindbar sei. Diese Behauptung ist weder für den Menschen noch für das Schaf, Schwein oder den Hund richtig, wie schon Gegenbaur und Dursy gezeigt haben.

Digitized by Google

eindrangen. Zu beiden Seiten der Hypophysis verliefen die 0,2 weiten inneren Carotiden, der Boden der Sattelgrube war eingenommen von einem 0,6 Mm. mächtigen, in straffes Bindegewebe eingebetteten Venenplexus.

Zwei Schaffötus von 12 Centimeter Länge erhielt ich frisch genug, um sie mit Erfolg zu injiciren. An der Schädelbasis war die Verkalkung erheblich fortgeschritten. Die Hypophysis hatte in ihrer Mitte eine Höhe von 3 Mm. bei 0,9 Dicke, an den Seiten, welche den Processus infundibuli umfassten, eine Höhe von 2 Mm. bei 1,2 Mm. Dicke. Sie entsandte eine Gruppe schmaler Drüsengänge längs einer Anzahl schmaler Arterien bis dicht an die hintere Fläche des Chiasma. Ihre Drüsensubstanz bestand aus cylindrischen Schläuchen, sie waren zum Theil viel kürzer als früher, in die Länge gezogenen Follikeln ähnlich. Mit Ausnahme einer beschränkten Anzahl am hintern Umfang der Drüse liegender Schläuche waren alle solid. Ihr Durchmesser schwankte zwischen 0,04 und 0,06. Sie waren umhüllt von einer zarten Membrana propria, welcher bei den hohlen Schläuchen geschichtetes Cylinderepithel aufsass. Die soliden Schläuche waren erfüllt von Zellen, welche zum Theil gewöhnlichen Cylinderepithelien glichen und senkrecht zur Hülle gestellt waren, zum grösseren Theil spindelförmige oder polygonale oder ganz unregelmässige Gestalt zeigten. Sie besassen alle einen zarten Protoplasmakörper ohne peripherische Verdichtung und grosse rundliche, zwischen 0,004 und 0,006 messende Kerne. Sie wurden umgeben von dünnen Zügen theils fibrillärer, theils aus spindelförmigen Zellen bestehender Bindesubstanz. In dieser verliefen Capillaren von durchschnittlich 0,01, zwischen 0,003 und 0,016 schwankendem Durchmesser, rhombische Maschen von 0,04 Weite im Mittel bildend. Der Boden der Sattelgrube war wie in dem vorigen Entwicklungsstadium von einem mächtigen, in einer Vertiefung des Knorpels liegenden Venenplexus erfüllt.

Die Verhältnisse der Zwischenhirnbasis waren im Wesentlichen dieselben wie in dem vorigen Stadium, jedoch trat der mittlere Schädelbalken viel weniger über die Sattellehne vor als früher und in Folge davon ging das Mittelhirn in flacherem Bogen in das Zwischenhirn über. Der Processus infundibuli ging 1 Mm. hinter dem Chiasma vom Infundibulum ab, er war 3,5 Mm. lang, an der Abgangsstelle 0,4 dick, seine Dicke nahm in der Peripherie zu, so dass sie an der Spitze 0,8 betrug: er zeigte in Folge davon bereits die künftige Keulenform. Seine Höhle erstreckte sich von jener des Zwischenhirns aus continuirlich mit einem Durchmesser von 0,03 bis 0,01 durch seine ganze Länge. Das cylindrische Epithel, welches das Lumen begrenzte, war etwas flacher als

früher, die dem Epithel folgende Lage rundlicher Zellen war gegen früher verdünnt. Auch die peripherische, homogene Schicht hatte gegen früher ihre Beschaffenheit merklich verändert. Die feinkörnige Substanz war durchsetzt von ganzen Zügen dicht gedrängter runder und spindelförmiger Zellen, ähnlich jenen embryonalen Bindegewebes, welche an die von der Umgebung in den Zwischenhirnfortsatz eintretenden Capillaren sich anschlossen.

Ich habe endlich eine Anzahl von Embryonen des Menschen, Schafs und Schweins von 16 bis 18 Centimeter Länge untersucht, jene des Schweins nach vorgängiger Injection. Die Hypophysis umgab bei allen hufeisenförmig das Ende des Processus infundibuli. Von ihrem vorderen Ende erstreckte sich ein schmaler, conisch sich verjüngender Fortsatz längs der vorderen Fläche des Processus infundibuli nach oben und vorne gegen das Chiasma hin, es drangen ferner einzelne Ausläufer der Drüsensubstanz von der hinteren und den seitlichen Flächen aus in die oberflächlichen Schichten des anliegenden Processus infundibuli ein. Sie war rings umgeben von einer dünnen bindegewebigen Kapsel, welche mit den Gefässen zarte Fortsätze in das Innere entsandte. Das Drüsenparenchym wurde durch letztere in eine grosse Zahl schlauchförmiger Gebilde zerlegt. Der Durchmesser dieser Schläuche schwankte zwischen 0,016 und 0,05, ihre Länge zeigte noch beträchtlichere Verschiedenheiten, so dass kürzere, der Kugelform sich annähernde und längere gewundene Formen neben einander vorkamen. Letztere bildeten bei allen Embryonen die Mehrzahl. Der grösste Theil war solid, einzelne besassen ein ganz schmales, spaltförmiges Lumen; nur am hinteren Umfang der Drüse fanden sich sowohl beim Menschen als beim Schaf hohle, mit geräumigerem, scharf begrenztem Lumen versehene Schläuche in geringer Zahl. Die Drüsengebilde waren umgeben von einer zarten Membrana propria, dieser sass an den hohlen geschichtetes Cylinderepithel auf. Die soliden Schläuche waren erfüllt von Zellen, welche theilweise in der Peripherie Cylinderepithelien von 0,015 Länge bei 0,004 Dicke darstellten mit senkrechter Lagerung gegen die Fläche der Membrana propria; zum grösseren Theil zeigten die Zellen, welche im Inneren lagen, quadratische oder polygonale oder ganz unregelmässige Formen; alle besassen einen, selten zwei rundliche Kerne von 0,0035 — 0,007 Durchmesser und einen sehr feinkörnigen, bisweilen in spitze Fortsätze ausgezogenen Protoplasmakörper. Die Interstitien der Drüsensubstanz wurden eingenommen von zarter, netzförmig angeordneter Bindesubstanz und 0,006 — 0,016 weiten Capillaren, welche mit rhombischen, 0,03 — 0,05 weiten Maschen die Drüsenschläuche umspannen. Die Arterien, von welchen sie gespeist

wurden, stammten theils aus kleinen, vom Boden der Sattelgrube aus in die Drüse eindringenden Zweigen, theils aus einer Gruppe parallel verlaufender Arterien, welche sich von der Pia mater aus längs des conischen Fortsatzes, welchen die Drüse gegen das Chiasma hin entsandte, in deren Substanz einsenkten. Die Venen, in welche sie übergingen, mündeten in einen dichten an den Seiten und am Boden der Sattelgrube liegenden Plexus.

Die Zwischenhirnbasis war bei allen Embryonen verhältnissmässig kurz, die Knickung an der Uebergangsstelle in das Mittelhirn unbedeutend. Das Trigonum cinereum lag über dem Chiasma, die Lamina posterior infundibuli zwischen Trichterfortsatz und den Ursprüngen der Nervi oculomotorii; die Corpora candicantia markirten sich äusserlich noch nicht deutlich. Der Processus infundibuli zeigte beim Schwein eine Länge von 2,5, beim Schaf und Menschen eine solche von 4 Mm., seine Dicke betrug nahe dem Abgang 0,5 bis 0,8, sein Ende war knopfförmig bis zur Dicke von 1,4 angeschwollen. An seiner Abgangsstelle vom Infundibulum setzte sich die Höhle des letzteren 0,5 weit in seiner Mitte fort, conisch sich verengernd und schliesslich spitz endigend. Die Wandung der Höhle war von Cylinderepithel bekleidet. In dem mittleren Theil des Trichterfortsatzes war die Höhle bereits geschwunden, dagegen fanden sich einzelne Reste derselben im knopfförmig verdickten Ende in Form spaltförmiger unregelmässig gebogener Hohlräume, deren Wandung von cylindrischem Epithel ausgekleidet war. Das Gewebe des Processus infundibuli wurde gebildet von runden und spindelförmigen kernhaltigen Zellen, welche jenen älterer Granulationen durchaus ähnlich waren; sie waren zum Theil in förmlichen Bündeln angeordnet, welche sich ähnlich wie in Sarkomen in verschiedenen Richtungen durchkreuzten. Zwischen den Bindegewebselementen verzweigte sich ein regelmässige langgestreckte Maschen von 0,1 Länge bei 0,04 Weite bildendes Capillarnetz, welches bereits alle Eigenschaften des bleibenden Capillargefässsystems dieses Theils darbot (vergl. Taf. X, Fig. 8).

3) Vergleichend-anatomischer Theil.

Aus der Classe der Acrania untersuchte ich Amphioxus lanceolatus. Dieses Thier besitzt weder eine Hypophysis noch einen Processus infundibuli, weil in Folge der Verlängerung der Chorda über das Ende des centralen Nervensystems hinaus die Bedingungen zur Entwicklung beider Organe fehlen.

Aus der Classe der Monorrhina habe ich Myxine glutinosa und

Petromyzon fluviatilis untersucht. Die Untersuchung hat ergeben, dass die Angaben, welche Joh. v. Müller über die Hypophysis und das Infundibulum dieser Thiere gemacht hat, einer erheblichen Berichtigung bedürfen.

Nach Joh. v. Müller[1]) zeigt die dritte Abtheilung des Gehirns von Myxine ihre Lappen an der unteren Fläche wenig isolirt, indem vorne zwischen ihnen eine rundliche, breite Erhabenheit hervortritt, welche nur durch sehr seichte Vertiefungen von ihm getrennt ist. Diese unpaare mittlere Erhabenheit giebt hinter dem Ursprung des Sehnerven den Stiel der Hypophysis ab. Sie ist wie das ganze Gehirn solid und liegt in einer Vertiefung des fibrösen Theils der Basis cranii.

Ich habe zur Prüfung dieser Angaben dieselben drei Exemplare von Myxine glutinosa verwandt, welche zur Untersuchung der Chorda gedient hatten. Die Methode, welche ich benutzte, war jene der successiven Schnitte, und zwar zerlegte ich zwei der disponibeln Myxinenköpfe in Längs-, einen in Querschnitte. Das Zwischenhirn zeigte an seiner oberen Fläche eine seichte Längsrinne, an seiner unteren hinter der Abgangsstelle der dünnen Sehnerven eine flache Hervorragung, von welcher ein niedriger, aber breiter Fortsatz in der Richtung nach rückwärts abging. Hinter dieser Vorragung war das Zwischenhirn von dem Mittelhirn durch eine 0,4 hohe, 0,35 lange Querfurche geschieden; in dieser auf dem Längsschnitt dreieckigen Furche erhob sich von der Schädelbasis aus die Arteria basilaris, von fetthaltigem Bindegewebe umhüllt, um an der Uebergangsstelle des Mittel- in das Zwischenhirn ihre Endäste abzugeben. Letzteres zeigte 0,5 Mm. unterhalb seiner oberen Fläche eine 0,03 weite, nach rückwärts mit dem Sinus rhomboideus communicirende Höhle, welche nach vorne in der Mitte des Zwischenhirns blind endigte und von einer einfachen Cylinderepithellage ausgekleidet war. Von dieser Höhle aus liess sich in der Richtung nach abwärts eine feine Linie verfolgen, längs welcher beiderseits kernhaltige runde Zellen dicht gedrängt lagen. Ich vermuthe, dass sie die Richtung anzeigte, in welcher der obliterirte Theil der Zwischenhirnhöhle früher verlaufen war. 1 Mm. unterhalb der Höhle wich diese Linie auf Querschnitten zu einem feinen Spalt auseinander, welcher nahe der unteren Fläche des Zwischenhirns rasch sich erweiterte. Auf Längsschnitten zeigte sich, dass das untere Drittheil der ursprünglichen Zwischenhirnhöhle eine in flachem, nach rückwärts convexem Bogen nach abwärts sich erstreckende Spalte darstellte, welche von kurzem

1) Vergleichende Neurologie der Myxinoiden p. 9.

Cylinderepithel begrenzt war. Diese Spalte war sehr eng, so dass die gegenüberliegenden Wandungen nur 0,003 bis 0,008 Mm. von einander entfernt waren. Nahe der unteren Fläche des Zwischenhirns wichen die Ränder der Spalte aus einander, um die Höhle des Infundibulum zwischen sich zu fassen. Sie war ringsum von Cylinderepithel ausgekleidet, ihre Höhe bestimmte ich zu 0,14, ihre Breite zu 0,24, ihre Länge zu 0,25. Auf Längsschnitten hatte sie die Gestalt eines Dreiecks mit nach rückwärts liegender Spitze, auf Querschnitten hatte sie in ihrer vorderen Hälfte die Gestalt eines spitzwinkligen Dreiecks, in ihrer hinteren jene einer flachen Ellipse. Erstere entsandte an ihrer unteren Fläche einen nach rückwärts gerichteten Fortsatz, den Processus infundibuli. Er lag in einer Vertiefung der fibrösen Schädelbasis, welche, durchschnittlich 0,06 dick, längs seines Verlaufs auf 0,02 reducirt war, und erstreckte sich von der Abgangsstelle der Sehnerven nach rückwärts bis nahe zu dem Punkt, an welchem die Basilararterie von der Schädelbasis sich erhob, um in die Umbeugungsstelle des Mittel- in das Zwischenhirn einzutreten, d. h. bis zur Abgangsstelle des früheren mittleren Schädelbalken (vergl. Taf. IX, Fig. 8). Seine Länge betrug 1,2, seine Breite 0,7, seine Höhe 0,1 Mm. Er war in ganzer Ausdehnung hohl, die Höhle stellte einen an der Abgangsstelle 0,015 hohen, gegen die Peripherie sich verflachenden Spalt vor, sie stand durch eine 0,06 weite trichterförmige Oeffnung mit der Höhle des Infundibulum in Verbindung. Die Wandung des Processus infundibuli war gebildet von einer einfachen Lage cylindrischen Epithels, welches 0,014 hoch, 0,005 bis 0,008 breit, mit glänzendem, hie und da Reste von Cilien zeigenden Saum gegen das Lumen sich absetzte. Die Epithelzellen entsandten nach der Peripherie fadenförmige Fortsätze, welche die umgebende homogene Schicht senkrecht durchsetzten. Letztere war am Ursprung des Processus infundibuli 0,036 dick, um sich rasch bis auf 0,012 zu verschmälern. Sie war äusserst feinkörnig, schwach lichtbrechend und nur an den dickeren Stellen mit einzelnen runden Kernen versehen. Sie setzte sich in die homogene Randschichte der Zwischenhirnbasis continuirlich fort. Letztere bestand in der Umgebung des Infundibulum aus dicht stehenden runden Kernen von 0,008, sämmtlich mit Protoplasmahöfen versehen, welche an den untersuchten Weingeistpräparaten eine gegenseitige Sonderung nicht erkennen liessen; dazwischen lagen spärliche Ganglienzellen mit spitzen Protoplasmafortsätzen.

Die Chorda endete unterhalb des Mittelhirns mit stumpfer Spitze, ihr Ende war von einem lebhaft grünen Hyalinknorpel umfasst; an diesen schloss sich dichtes fibröses Bindegewebe an, welches die vordere Partie der Schädelbasis bildete. Längs der unteren Fläche der

letzteren verlief der Nasenrachengang; die hohen Leisten, welche die Schleimhaut seiner Decke im vorderen Abschnitt bildete, flachten sich unter dem vorderen Gehirnende rasch ab, um alsbald vollständig zu verschwinden. Die obere Wand des hinteren Abschnitts war in Folge davon flach, 0,03 dick, sie bestand aus einer dünnen Lage fibrösen Bindegewebes und war von geschichtetem Pflasterepithel überzogen. Unterhalb der verdünnten Stelle der Schädelbasis, welcher der Processus infundibuli auflag, lag zwischen Schädelwand und Wand des Nasenrachengangs die Hypophysis in Form eines flachen drüsigen Gebildes (vergl. Taf. IX, Fig. 8. *f*). Ihr Verlauf war jenem des Processus infundibuli parallel, demgemäss lag ihr hinteres Ende nahe unter der Abgangsstelle der Basilararterie (des mittleren Schädelbalken), ihr vorderes dicht hinter der Abgangsstelle der Sehnerven. Ihre Länge bestimmte ich zu 1,2, ihre Breite zu 1, ihre Dicke zu 0,1 Mm. Sie bestand aus rundlichen und in die Länge gezogenen Hohlräumen von 0,02 bis 0,04 Durchmesser, welche aus einer dünnen homogenen Membrana propria und die Höhlung erfüllenden quadratischen oder polygonalen kernhaltigen Zellen von 0,007—0,01 Durchmesser bestanden. Die Mehrzahl der Räume war solid, einzelne zeigten ein schmales centrales Lumen. Die Interstitien des Drüsengewebes waren erfüllt von straffen, mässig dicken Bindegewebszügen mit Gefässen (Taf. IX, Fig. 7). Die Drüse besass keinerlei Verbindung mit dem unterliegenden Rachenepithel. Myxine glutinosa ist das einzige Thier von allen untersuchten, welches die ursprüngliche Lagerung der Hypophysis über der oberen Rachenwand dauernd beibehält.

Bei Petromyzon liegt nach Joh. v. Müller [1]) dicht hinter dem Ursprung des Sehnerven an der Basis ventriculi tertii eine blasige, runzlige, längliche Hervorragung an. Es ist die hohle Hypophysis. Sie ist sehr gross, leicht zerstörbar und leicht hat es den Anschein, als ob sich an ihrer unteren Fläche eine Spalte befinde, welche aber Joh. v. Müller für nicht natürlich hält. Die Höhle der Hypophysis steht durch eine Verengerung mit der Höhle des dritten Ventrikels in Verbindung, sie liegt in der zusammengezogenen Stelle, welche die Hypophysis mit der Basis des dritten Ventrikels in Verbindung setzt.

Es lässt sich ohne Schwierigkeit zeigen, dass auch für dieses Thier die Angaben Joh. v. Müller's irrthümlich sind. Bei der gewöhnlichen Lamprete fand ich das Vorderhirn in zwei seitliche Hälften getrennt, beide mit horizontal liegendem Ventrikel von 0,15 Höhe bei 0,35 Breite versehen. Sie standen durch einen unpaaren mittleren Hohlraum mit

---

1) Vergleichende Neurologie der Myxinoiden p. 32 und 37.

der schmalen, aber nach oben und unten stark verlängerten Höhle des Zwischenhirns im Zusammenhang. Letztere zeigte nach oben eine dünnwandige, nach vorne gerichtete Verlängerung, deren Oberfläche herzförmig ausgebuchtet war, in der Ausbuchtung lag die dunkel pigmentirte Epiphysis. Die Basis des Zwischenhirns liess zwei Abtheilungen unterscheiden, eine vordere, das Trigonum cinereum, und eine hintere, das Infundibulum. Der Mitte der unteren Wand des Trigonum cinereum war das Chiasma angefügt in Form eines 0,35 hohen, 0,1 dicken, mit seiner oberen Hälfte fast rechtwinklig nach rückwärts umgebogenen Körpers. Das Trigonum cinereum entsandte vor dem Chiasma eine zweilappige, hohle, dünnwandige Ausstülpung nach abwärts, welche über den an der Vorderhirnbasis verlaufenden Carotiden lag; durch das Chiasma wurde sein Boden aufwärts gedrängt, um alsbald hinter demselben wieder herabzusteigen. Das Herabsteigen erfolgte wegen der Krümmung des Chiasma schief nach unten und vorne, so dass die Höhle hier einen kurzen Recessus bildete. Sie stand allenthalben mit dem dritten Ventrikel in freier Communication, der dünne Boden ihres hinteren Abschnitts lag der vorderen Hälfte der Hypophysis an. Rückwärts ging das Tuber cinereum unter Verdickung der Seitenwände und Erweiterung der Höhle in das Infundibulum über. Dieses stellte eine nach unten und rückwärts gerichtete Verlängerung des Zwischenhirnbodens dar. Es zeigte dicke Wandungen; sein Boden entsandte in seinem vorderen Abschnitt nach abwärts einen dünnwandigen, flachen, hohlen Fortsatz, den Processus infundibuli, welcher der oberen Fläche der hinteren Hälfte der Hypophysis fest ansass. Die Höhle des Infundibulum zeigte in ihrem ganzen Verlauf nach rückwärts dreieckigen Querschnitt mit oben liegender Spitze, sie war 0,16 breit, 0,1 hoch, 0,5 lang. Sie stand an ihrem Beginn mit jener des überliegenden dritten Ventrikels im Zusammenhang, wurde aber alsbald durch das Auftreten einer mächtigen Decke von ihr getrennt. Am Boden stand sie durch einen schmalen Spalt mit der 0,35 breiten und ebenso langen, aber nur 0,08 hohen Höhle des Processus infundibuli in Communication. Die Wandung des Infundibulum wurde gebildet nach Innen von cylindrischem Epithel, darauf von einer mehrfachen Lage kernhaltiger runder Zellen, deren Protoplasma zum Theil sehr feine Fortsätze entsandte, und endlich von einer äusserst feinkörnigen Andeutung radiärer Streifung zeigenden Rindenschicht. Die Dicke der Epithelschicht betrug 0,01, jene der beiden äusseren Schichten je 0,08. Am Uebergang auf den Processus infundibuli verdünnten sich letztere rasch, die Zellenschicht keilte sich vollständig aus, so dass die untere der Hypophysis aufsitzende Wand dieses Fortsatzes nur 0,012 bis 0,02 Wanddicke

Digitized by Google

zeigte. Er bestand aus dem seine Höhle continuirlich auskleidenden Epithel und einer dünnen feinkörnigen Rindenschicht, welche von fadenförmigen Fortsätzen der Epithelien senkrecht durchsetzt war. Hinter dem Infundibulum zeigte die Gehirnbasis eine quere, 0,5 lange, 0,3 hohe Furche, über welcher Mittel- und Zwischenhirn im Bogen in einander übergingen. In diese Furche erstreckte sich ein an ramificirten Pigmentzellen reicher Fortsatz der Hirnhäute.

Die Chorda endete wie bei Myxine conisch sich verjüngend unterhalb des Mittelhirns. Ihr Ende war von einem lebhaft grünen, theilweise verkalkten Hyalinknorpel umfasst, an welchen der vordere fibröse Theil der Schädelbasis sich anschloss. Letzterer war 0,4 dick und zeigte hinter den Sehnervenursprüngen eine Vertiefung seiner Oberfläche, so dass die Dicke auf 0,2 reducirt war. In dieser Vertiefung lag die Hypophysis. Ihr vorderes stumpfes Ende erstreckte sich bis dicht an die Eintrittsstelle der Carotiden in den Binnenraum des Schädels, das hintere reichte, sich verjüngend, bis 0,5 Mm. vor das Chordaende. Ihre obere Fläche war von dem überliegenden Zwischenhirnboden durch eine straffe, 0,016 mächtige Bindegewebslamelle getrennt. Ihre Länge betrug 0,5, ihre Breite 0,7, ihre Höhe 0,12 (vergl. Taf. IX, Fig. 9). Sie war umgeben von einer dünnen Bindegewebskapsel, welche gefässführende Fortsätze in das Innere entsandte. Durch diese wurde das Drüsenparenchym in eine Anzahl kugeliger und in die Länge gezogener Räume von 0,02 — 0,04 Dicke zerlegt. Sie besassen eine dünne Membrana propria und waren im Innern erfüllt von quadratischen und polygonalen kernhaltigen Zellen.

Aus der Classe der Fische untersuchte ich an erwachsenen Thieren von Plagiostomen Scymnus lichia und Raja clavata, von Teleostiern Cyprinus carpio. Die Hypophysis lag bei ersterem Thier mit ihrer Hauptmasse über dem bindegewebigen Operculum der Sattelgrube, sie entsandte nach vorne einen zungenförmigen, dem Boden des Infundibulum anliegenden Fortsatz. Das Organ besass eine dünne bindegewebige Kapsel, welche zarte gefässführende Ausläufer an das Innere abgab. Sie zerlegten das Drüsenparenchym in verschieden lange, etwas gewundene cylindrische Massen von 0,12 bis 0,2 Durchmesser. Sie besassen eine dünne Membrana propria und waren entweder gänzlich oder unter Freilassung eines spaltartigen centralen Hohlraums erfüllt von cylindrischen Epithelien. Letztere waren geschichtet, alle sehr lang, von 0,016 bis 0,08 messend bei 0,003 bis 0,007 Dicke. Sie bestanden aus einem cylindrischen, den Kern einschliessenden, mit Carmin deutlich roth sich imbibirenden Protoplasmakörper und entsandten gegen die Peripherie der Schläuche ungemein blasse, mit Carmin nur wenig sich fär-

Digitized by Google

bende Fortsätze, welche in senkrechter Richtung dicht aneinanderliegend bis zur Membrana propria sich erstreckten. Sie bedingten das Auftreten einer auf den ersten Blick homogen erscheinenden Rindenschicht an den Schläuchen, welche kernlos war, bei stärkeren Vergrösserungen und Isolationsversuchen aber die Zusammensetzung aus den einzelnen den kernhaltigen Epithelien angehörenden Protoplasmafortsätzen ohne Schwierigkeit erkennen liess (vergl. Taf. IX, Fig. 10). Das Zwischenhirn liess auch hier an seiner Basis einen vorderen Abschnitt, Trigonum cinereum, und einen geräumigeren hinteren, das Infundibulum, unterscheiden. Letzteres zeigte ähnliche Verhältnisse wie die älteren Embryonen von Acanthias; es entsandte von seiner hinteren und unteren Fläche einen dünnen zweilappigen, der oberen Fläche der Hypophysis anliegenden Fortsatz, dessen Wandung sehr gefässreich war, den Saccus vasculosus.

Bei Raja clavata[1]) lag die Hypophysis als ein gelblicher Körper in einer flachen Vertiefung des Keilbeinknorpels. Vor ihr traten die beiden Carotiden in den Schädel ein, über ihren seitlichen Flächen verliefen die beiden Basilararterien, deren strahlig divergirende Endäste die Rückenfläche des Vorderhirns versorgten. Sie bestand aus einem breiten flachen Hauptkörper von rundlich dreieckiger Gestalt und einem von diesem aus nach vorne sich erstreckenden zungenförmigen Fortsatz, welcher dicht hinter dem Chiasma mit kolbig verdickter Spitze endigte. Der Bau beider Abschnitte war übereinstimmend. Die Drüse wurde umgeben von einer dünnen bindegewebigen Kapsel, von welcher aus zarte Fortsätze in das Innere sich erstreckten. Sie führten Arterien, welche in den Interstitien der Drüsensubstanz zu einem Netz unverhältnissmässig weiter, im Mittel 0,05 messender Capillaren sich auflösten, um schliesslich in gleichfalls sehr geräumige Venen überzugehen. Die Drüsensubstanz bestand aus stark gewundenen, vielfach anastomosirenden Schläuchen von 0,07 bis 0,015 Durchmesser[2]). Sie waren umgeben von einer zarten Membrana propria und im Innern bis auf ein schmales Lumen erfüllt von theils cylindrischen, theils spindelförmigen und rundlichen Epithelien.

Nachhirn und Mittelhirn dieses Thieres waren enorm entwickelt. Ersteres zeigte an seiner oberen Fläche die beiden neben der Mittellinie verlaufenden keulenförmig gestalteten Lobi nervi trigemini, seitlich die in Windungen gelegten Lobi nervi vagi. Das Mittelhirn war an seiner

---

1) Ich verdankte Herrn Dr. G. W. Focke in Bremen die Möglichkeit, zwei erwachsene Exemplare von Raja clavata frisch zu untersuchen.

2) Diese Schläuche hat zuerst Alexander Ecker beim Lachs gesehen.

Digitized by Google

oberen Fläche durch eine quere Furche, in welcher die beiden Nervi trochleares entsprangen, vom Nachhirn getrennt, am vorderen Ende grenzten seine beiden Halbkugeln mit steilem Abfall an die rudimentäre Decke des Zwischenhirns; an seiner Basis setzte es sich mit einer seichten, durch den Abgang der Lobi infundibuli bedingten Furche vom Zwischenhirn ab. Die Basis des letzteren liess auch hier einen vorderen Abschnitt, Trigonum cinereum, dessen Basis vom Chiasma nervorum opticorum fast vollständig bedeckt war, und einen hinteren, das Infundibulum, unterscheiden. Letzteres besass eine rhombische, unverhältnissmässig enge, schief von oben und vorne nach unten und rückwärts sich erstreckende Höhle, seine Wand war ungemein dick und bildete zu beiden Seiten der Mittellinie ein Paar halbkugelige solide Hervorragungen, welche der Lage nach den Lobi infundibuli s. inferiores der Haie entsprachen. Von der Mitte der hinteren Fläche des Infundibulum ging nahe der Basis ein umfangreicher zweilappiger Fortsatz ab, der Saccus vasculosus. Dieser Fortsatz lag in Form eines Zwerchsacks quer über der oberen Fläche der Hypophysis da, wo der Körper der letzteren in die zungenförmige Verlängerung überging, er zeigte an seiner oberen Fläche zwei schmale, durch den Verlauf der Nervi oculomotorii bedingte Furchen, seine Wandung war sehr dünn, fein höckerig und im frischen Zustand intensiv braunroth; sein Inneres war hohl, die Höhle stand mit jener des Infundibulum in ununterbrochenem Zusammenhang. Am gehärteten Präparate zeigte der Saccus vasculosus eine Wanddicke von 0,3—0,4. Die Wandung wurde nach Innen gebildet von einer 0,08 dicken mehrfachen Lage von Cylinderepithel, welches in jenes der Höhle des Infundibulum sich fortsetzte, daran schloss sich eine dünne Lage fibrillären Bindegewebes. Dieses Bindegewebe enthielt einen Plexus sehr dünnwandiger, durchschnittlich 0,2 weiter Gefässe von solcher Mächtigkeit, dass zwischen den einzelnen Gefässen nur dünne Züge an braunen Pigmentkörnchen reicher Bindesubstanz nachweisbar waren.

Bei dem Karpfen lag die Hypophysis als gelblicher ellipsoidischer Körper in der zwischen Alisphenoid und Orbitosphenoid (Huxley) befindlichen Grube. Ihre obere Fläche zeigte eine quere Furche. Der vor dieser liegende Abschnitt lag unterhalb des Tuber cinereum, der hinter ihr liegende lag dem gefässreichen Boden des Infundibulum an. Sie besass eine dünne bindegewebige Kapsel, welche zarte, die Gefässe begleitende Fortsätze an das Innere abgab. Das Parenchym bestand theils aus kurzen, der Kugelform sich annähernden, vorwiegend aber aus langgezogenen, etwas gewundenen Schläuchen von 0,02 — 0,05 Dicke. Sie bestanden aus einer dünnen Membrana propria und waren

im Inneren erfüllt von theils cylindrischen, theils polygonalen, theils ganz unregelmässig gestalteten Zellen. Das Volum des Nachhirns war auch bei diesem Thier beträchtlich, es zeigte in der Mittellinie den unpaaren Lobus nervi trigemini (Lobus impar), seitlich die paarigen flachen Anschwellungen der Lobi nervi vagi. Das Mittelhirn war unverhältnissmässig gross und bestand aus einem hinteren, über den Lobus nervi trigemini nach rückwärts, und einem vorderen, über das Zwischenhirn nach vorne sich wölbenden Lappen. Die Decke des Zwischenhirns war auch hier rudimentär, desto entwickelter war die Basis. Letztere liess ihre beiden Abschnitte, das vorne liegende Trigonum cinereum und das hinten liegende Infundibulum mit den paarigen Lobi infundibuli s. inferiores schon äusserlich unterscheiden. Dem vorderen Ende des Trigonum cinereum lag das Chiasma nervorum opticorum an, der der Lamina terminalis entsprechende Abschnitt war ausgezeichnet durch eine Lage grosser multipolarer, pigmentreicher Ganglienzellen, bis zu deren Nähe ein Theil der Olfactoriusfasern sich verfolgen liess. Das Trigonum cinereum selbst hatte prismatische Gestalt, seine Höhle communicirte vorne mit jener des dritten Ventrikels, sie war keilförmig gestaltet, ziemlich enge und am Boden nur durch eine dünne Ependymlamelle von der Pia mater getrennt. Sie erweiterte sich am hinteren Ende rasch zu der auf dem Querschnitt rhombisch gestalteten, 1,3 Mm. breiten, 1 hohen, 1,5 langen Höhle des Infundibulum. Diese endete nach rückwärts blind, nach oben war sie durch eine mächtige Decke vom dritten Ventrikel geschieden, nach unten setzte sie sich durch einen schmalen Spalt im Boden des Infundibulum in die Höhle des kurzen, über die Gehirnbasis nicht vorspringenden[1]) Saccus vasculosus fort. Dieser war 0,35 weit, dünnwandig, eine Höhle hatte zwei halbmondförmige, seitliche Ausläufer, welche sofort an die zweilappige Gestalt des viel mächtiger entwickelten Saccus vasculosus der Haie und Rochen erinnerte. Der Boden des Processus infundibuli war dünn, nur aus cylindrischem Epithel und einer feingranulirten, senkrecht gestreiften Schicht bestehend, die seitlichen Wände nahmen nach oben etwas an Dicke zu, indem eine Lage runder Zellen zwischen diese beiden Lamellen sich einschob. Die Pia, welche den Saccus vasculosus überzog, war

---

1) Aus diesem Umstande erklärt es sich, dass GOTTSCHE, KLAATSCH und STANNIUS den Saccus vasculosus bei einer Anzahl von Teleostiern, z. B. Esox, nicht haben finden können. Er ist wohl bei allen vorhanden, aber nicht so voluminös wie bei Haien und Rochen, oder so lange, wie er nach den Beschreibungen und Abbildungen von CAMPER und KUHL bei Lophius ist. Bei den Cyprinoiden vermag nur die mikroskopische Untersuchung gehärteter Präparate über seine Anwesenheit Aufschluss zu geben.

gefässreicher als in der Umgebung. Den Seitenflächen des Infundibulum sassen die paarigen Lobi infundibuli s. inferiores (tubercula reniformia v. Haller) auf. Sie hatten bohnenförmige Gestalt, ihre hinteren Enden besassen an ihrer medianen Fläche walzenförmige Vorsprünge, mittelst welcher sie sich in der Mittellinie berührten, die vorderen Enden wichen auseinander, um das Trigonum cinereum zwischen sich zu fassen. Die beiden Enden der Lobi infundibuli waren frei; im weiteren Verlauf ging die Innenfläche jedes Lappens eine Verwachsung mit der lateralen Fläche des Trigonum cinereum ein, um alsbald weiter rückwärts dasselbe zu überwölben und mit dem oberen Abschnitt des Zwischenhirns sich zu verbinden, welche Verbindung bis zur Abgangsstelle der Lobi infundibuli vom Zwischenhirn sich erhielt. Beide waren hohl; ihre Höhlen waren halbmondförmig gestaltet und lagen der medianen Fläche näher als der lateralen; sie communicirten durch 0,2 Mm. weite Gänge mit der Höhle des Infundibulum und erstreckten sich von der Communicationsstelle aus in Form kurzer Vorderhörner nach vorwärts, sowie in Form beträchtlich längerer Hinterhörner nach rückwärts bis nahe an das Ende der Trichterlappen. Sowohl die Höhle des Infundibulum als jene der Lobi infundibuli waren von mehrschichtigem Cylinderepithel ausgekleidet, das Epithel war rings umgeben von einer im Mittel 0,04 dicken Schicht von Zellen, welche theils rund, klein, aus Kernen von 0,004 — 0,006 und sehr dünnem Protoplasmahof bestehend, theils grösser und mit spitzen gegen die Peripherie gerichteten Fortsätzen versehen waren. Der übrige Bau der Lobi infundibuli war einfacher an ihrer Basis und der unteren Partie ihrer medialen Fläche als an der lateralen Fläche und der Decke. Erstere zeigte eine mächtige peripherische Schicht feinkörniger, einzelne runde Kerne führender Andeutung einer radiären Streifung darbietender Substanz. In den lateralen Partien und der Decke fand sich gleichfalls eine mächtige Schicht feinkörniger Substanz, sie war aber viel reicher an Zellen und namentlich an Nervenfasern, welche in starken Bündeln von den Hirnschenkeln aus fächerförmig sowohl nach den Seiten als in der Richtung nach vorne und rückwärts ausstrahlten. An sie schloss sich eine mehrfache Schicht kleiner kegelförmiger Ganglienzellen an, welche dicht gedrängt bis an die Peripherie heranreichten und feine Fortsätze gegen das Innere entsandten, durch welche diese ganze Schicht ein radiär gestreiftes Ansehen erhielt[1]).

---

1) Durch die hier und in dem embryologischen Theil gegebenen Beschreibungen berichtigen sich einige Irrthümer, in welche v. Miclucho-Maclay verfallen ist, dessen Arbeit (Beiträge zur vergleichenden Neurologie der Wirbelthiere, Leip-

Digitized by Google

Aus der Classe der Amphibien untersuchte ich den Landsalamander und den Frosch. Abgesehen von der beträchtlicheren Grösse der Zellelemente beim Salamander war der Befund bei beiden Thieren so nahe übereinstimmend, dass ich mich auf die Schilderung des Verhaltens der Hypophysis und des Infundibulum beim Frosch beschränke. Schon HANNOVER [1]) und REISSNER [2]) haben bei diesem Thier einen kleineren oberen, zugleich vorne liegenden, und einen grösseren unteren Lappen an der Hypophysis unterschieden und REISSNER hat die weitere Angabe hinzugefügt, dass über dem oberen Lappen gefässhaltiges Bindegewebe liege. Die Beobachtungen, welche ich an frischen und gehärteten Injectionspräparaten gewonnen habe, stimmen mit den Angaben dieser beiden Anatomen überein und gestatten, sie in einigen Punkten zu erweitern.

Der Hauptkörper der Hypophysis lag horizontal in der Sattelgrube, vorne begrenzt vom Ende des rudimentären Lobus infundibuli, rückwärts von der Abgangsstelle der Arteria basilaris von der Schädelbasis. Sie hatte die Gestalt eines flachen Ellipsoids und war umgeben von einer dünnen bindegewebigen Kapsel. Letztere gab zarte, die Gefässe in Form einer lockeren Adventitia umhüllende Fibrillenzüge an das Innere ab. Die Arterien traten am oberen Umfang etwas vor der Mitte in eine leichte Vertiefung der Oberfläche ein. Sie lösten sich rasch in Capillaren auf, welche, 0,006—0,018 messend, ein rhombisches Maschennetz um die einzelnen Drüsenabtheilungen bildeten. Letztere waren theils der Kugelform sich annähernde, zum überwiegenden Theil langgezogene, etwas gewundene Schläuche von 0,025—0,05, beim Salamander von 0,03—0,07 Durchmesser. Sie besassen eine zarte Membrana propria und waren im Inneren erfüllt von theils senkrecht zur Hülle gestellten, cylindrischen Epithelien gleichenden, theils von

---

zig 1870) mir erst nach Abschluss dieser Abhandlung zukam. Dass die Basis des Zwischenhirns aus zwei histologisch ganz verschiedenen Abschnitten besteht, einem vorderen, dem Trigonum cinereum, und einem hinteren, dem Infundibulum mit den Lobi infundibuli und dem Saccus vasculosus, was von HALLER bis auf STANNIUS keinem Beobachter entgangen ist, hat v. MICLUCHO übersehen. Die Hypophysis der erwachsenen Plagiostomen habe ich entgegen v. MICLUCHO stets solid gefunden. Den zungenförmigen Fortsatz, zu welchem die Hypophysis dieser Thiere gegen das Chiasma hin sich verlängert, erklärt v. MICLUCHO für einen Theil des Infundibulum. Die Entwicklungsgeschichte und die mikroskopische Untersuchung lassen über dessen Natur keinen Zweifel.

1) ADOLPHE HANNOVER, Recherches microscopiques sur le système nerveux. p. 20.

2) E. REISSNER, Bau des centralen Nervensystems der ungeschwänzten Batrachier. Dorpat 1864. p. 43 und 94.

Digitized by Google

spindelförmigen und polygonalen Zellen mit zartem Protoplasmakörper und einem, selten zwei grossen runden Kernen (vergl. Taf. X, Fig. 3).

Ueber der Eintrittsstelle der Arterien lag der beträchtlich kleinere Oberlappen. Er war blasser als der untere und bestand aus einem schmalen Mittelstück und keulenförmig angeschwollenen seitlichen Enden. Er war gleichfalls von einer dünnen Kapsel umgeben, welche durch dünne Fortsätze die Drüsensubstanz in durchschnittlich 0,05 dicke, meist senkrecht stehende Gruppen sonderte, bestehend aus einer Membrana propria und dicht gehäuften, vorwiegend polygonalen Epithelien. Ueber diesem Lappen lag ein dichter Arterienplexus, welcher von anastomosirenden Zweigen der Basilaris und Carotis gebildet wurde, er gab die Arterienzweige für beide Lappen der Hypophysis ab; seine Interstitien wurden von fibrillärem Bindegewebe ausgefüllt. Ein zweiter kleinerer Gefässplexus fand sich zwischen Ende des Lobus infundibuli und vorderem Rand des Unterlappens der Hypophysis (vergl. Taf. X, Fig. 3).

Mittel- und Nachhirn zeigten bei beiden Thieren im Verhältniss zu den Fischen eine erhebliche Reduction, dafür hatte das Cerebellum an Masse gewonnen. Das Zwischenhirn war von dem Mittelhirn an seiner oberen Fläche durch eine quere Furche, an der unteren durch den das Ende der Arteria basilaris beherbergenden Einschnitt geschieden. Die Basis des Zwischenhirns liess die beiden Abschnitte, das vorne liegende Trigonum cinereum und das hinten liegende Infundibulum unterscheiden. In die untere Wand des Trigonum cinereum war ganz ähnlich wie bei Petromyzon das 0,7 hohe, mit seiner oberen Partie nach rückwärts umgebogene Chiasma eingekeilt. Die Wandung des Trigonum cinereum wurde dadurch emporgedrängt und seine Höhle in einen vorderen und einen hinteren Abschnitt zerlegt. Der vordere zeigte am Boden unmittelbar vor dem Chiasma eine zweilappige Ausbuchtung von 0,3 Länge bei 0,2 Breite mit keilförmig gestaltetem Mittelstück und dünner Wand, ganz ähnlich der Ausbuchtung, welche das Trigonum cinereum vom Petromyzon an der gleichen Stelle zeigt. Der hintere Abschnitt der Höhle des Trigonum cinereum bildete in Folge der Krümmung des Chiasma einen nach vorne gerichteten Recessus und stand oben mit dem dritten Ventrikel in Communication. Die Communicationsstelle war ein kurzer Spalt, da das alsbald sich anschliessende Infundibulum durch das Auftreten einer Commissur zwischen den vordersten Abschnitten des Mittelhirns vom dritten Ventrikel getrennt wurde. Der Uebergang der Wandung des Trigonum cinereum in jene des Infundibulum war ein continuirlicher, die Höhle des ersteren erfuhr jedoch an der Uebergangsstelle eine Erweiterung, durch welche das

ursprünglich spaltförmige Lumen zu einem Sinus von rhombischem Querschnitt sich erweiterte. Das Infundibulum war 1,6 Mm. breit, 0,85 hoch; vom überliegenden Zwischenhirn setzte es sich durch eine flache Furche ab, in welcher ein Arterienzweig verlief. Seine Wandung wurde gebildet von einem unteren voluminöseren Abschnitt, dem Boden, und einem oberen, dünneren, der Decke. Ersterer war durch einen medianen bis nahe an die Pia herabreichenden Einschnitt in zwei symmetrische Hälften abgetheilt; beide Hälften stiegen längs der Mittellinie steil empor, um hierauf mit gegen die Höhle convexem Boden lateralwärts sich zu wenden. Hier trafen sie mit den seitlichen Partien der Decke zusammen, welche gleichfalls durch einen kurzen medianen Einschnitt in zwei symmetrische Hälften getheilt war, welche in gegen die Höhle convexem Bogen lateralwärts sich wandten. Die Vereinigung erfolgte unter spitzem Winkel. Im Verlauf nach rückwärts erweiterte sich die Höhle des Infundibulum, indem die Substanzschicht, welche die lateralwärts ausspringenden Winkel der Höhle von der Pia schied, rasch sich verdünnte und schliesslich bis auf die Epithelschicht auskeilte, während zugleich die Höhe des Bodens stetig abnahm. Dadurch wurde der Zusammenhang zwischen Decke und Boden lateralwärts unterbrochen. Die Decke selbst erstreckte sich nur wenig nach rückwärts von der Stelle, an welcher sie den unmittelbaren Zusammenhang mit dem Boden aufgegeben hatte und hörte hierauf mit steilem Abfall gegen die überliegende, das Ende der Basilararterie beherbergende Pia auf. In Folge davon zeigte der von dem Infundibulum nach rückwärts sich erstreckende Lobus infundibuli s. inferior eine rudimentäre Beschaffenheit. Seine Gestalt war keilförmig, seine Länge betrug 1,4, seine Breite an der Abgangsstelle 1,5, am Ende 1, seine Höhe 1 beziehungsweise 0,2 Mm. Er war in ganzer Ausdehnung hohl; seine Höhle besass eine ziemlich gleichbleibende Höhe von 0,2 Mm. Seine untere Wand bildete eine Verlängerung des Bodens des Infundibulum; sie nahm von vorne nach rückwärts an Höhe ab und war in ganzer Länge durch einen medianen Einschnitt in zwei symmetrische Hälften getheilt. Sie erstreckte sich bis zum vorderen Rand der Hypophysis, wo sie bis auf die Epithelschicht sich auskeilte und mit einem queren, die Gestalt eines dreikantigen Prisma von 0,2 Seitenlänge zeigenden, mehrere Gefässanastomosen beherbergenden Bindegewebswulst zusammenhing. Der niedrigen hinteren Wand lag der über dem Oberlappen der Hypophysis befindliche Arterienplexus an, sie wurde gleich der Decke, an welche die untere Wand lateralwärts anstiess, durch eine einfache, der Pia mater aufsitzende Epithellage repräsentirt.

Hinsichtlich des Baus unterschied sich der Boden des Infundibulum

Digitized by Google

einigermassen von der Decke, die Höhle wurde an beiden von cylindrischem, mit Cilien besetzten Epithel ausgekleidet; an dieses schloss sich am Boden eine Schicht von Zellen an, bestehend aus runden Kernen von 0,004 mit sehr zarten an einzelnen Zellen nachweisbar in einen spitzen Fortsatz sich ausziehenden Protoplasmahöfen. Zwischen diesen Zellen verliefen ohne regelmässige Anordnung äusserst feine blasse Fibrillen. Gegen die Pia zu war diese Zellenschicht umgeben von einer 0,05 dicken äusserst feinkörnigen, einzelne Kerne enthaltenden Gewebslage, welche eine feine radiäre Streifung erkennen liess. Beide Schichten erstreckten sich, allmälig bis zum vollständigen Schwund an Höhe abnehmend, durch die ganze Länge des Infundibulum und des Lobus infundibuli. Die Decke des Infundibulum, deren medianer Einschnitt im Verlauf nach rückwärts rasch sich verflachte, bestand wie die Basis aus Zellen mit runden, im Mittel 0,004 grossen Kernen und zarten, hie und da nachweisbar in spitze Fortsätze sich ausziehenden Protoplasmahöfen, diese Zellen wurden aber durch dünne Bündel feinster Nervenfasern in horizontale Reihen angeordnet. Die hintere Wand des Lobus infundibuli bestand lediglich aus der gefässführenden dünnen Pia und dieser aufsitzendem Epithel, welches im Verlauf nach oben von der cylindrischen in die quadratische und weiterhin rasch in die ganz flache Form überging. Ebenso wurde die ganze Decke des Lobus infundibuli lediglich von der Pia und einer einschichtigen, dieser aufsitzenden Lage ganz flacher kernhaltiger Epithelien repräsentirt.

Vergleicht man die Befunde der Embryonen des Salamanders und Frosches mit jenen der ausgebildeten Thiere, so ergiebt sich, dass Hypophysis und Lobus infundibuli im Laufe der Entwicklung beträchtliche Modificationen ihrer Gestalt erfahren. Der ursprünglich schief von unten und vorne nach oben und rückwärts gerichtete untere Lappen der Hypophysis liegt später horizontal in der Sattelgrube. Seine ursprünglich nach oben und vorne umgebogene Spitze löst sich vollständig ab und wird zum kleineren Oberlappen des Organs; als solcher liegt sie anfänglich am hinteren, später am vorderen Ende der oberen Fläche des Hauptlappens. Der dreikantige prismatische Bindegewebswulst, in welchen die Basis des Lobus infundibuli ausläuft, liegt anfänglich über, später unmittelbar vor dem Hauptlappen der Hypophysis. Der Lobus infundibuli steigt in früher Zeit fast senkrecht vor dem Chordaende herab, welchem seine hintere Wand dicht anliegt. Sie ist noch zur Zeit des Ausschlüpfens aus dem Ei ziemlich gleich dick wie der Boden und von stark pigmenthaltigen, deutlich cylindrischen Epithelien gebildet. Ist das Chordaende atrophirt und verlängert sich das Ende der Basilararterie über die Sattellehne hinaus nach vorne, so wird

die hintere Wand allmählig nach vorne umgelegt und zur Decke des Lobus infundibuli. Ihre Anlage erfährt keine weitere Differenzirung, vielmehr flacht sich das Epithel allmälig vollständig ab, während die Anlage der Basis unter Volumzunahme ihre drei Gewebsschichten ausbildet.

Versucht man, den Lobus infundibuli s. inferior der Amphibien auf das entsprechende Organ der Fische zu reduciren, so empfiehlt es sich zunächst, die der Hypophysis anliegende ober- und unterhalb der Contactstelle von einem Gefässplexus umgebene hintere Wand von der übrigen Substanz des Trichterlappens zu unterscheiden. Ich kann in ersterer nach Lage und Beschaffenheit nichts Anderes sehen als das Analogon des Saccus vasculosus der Fische, welcher bereits in dieser Classe eine grosse Ungleichförmigkeit der Ausbildung zeigt. Vergleicht man den übrigen Lobus infundibuli des Frosches mit jenem der Haie und Teleostier, so ergiebt sich eine beträchtliche Rückbildung. Sie betrifft den Theil des Lappens, welcher mit der Decke des Infundibulum und den überliegenden Hirnstielen im Zusammenhang steht, während der mit dem Tuber cinereum zusammenhängende Boden sich erhält. In dieser Beziehung erhält das Auftreten der Ausbuchtung, welche die Decke des Lobus infundibuli der Haie in ihrem hinteren Abschnitt zeigt, ein erhöhtes Interesse, indem sie als eine Anbahnung der weiteren Rückbildung sich auffassen lässt, welche bei den Amphibien Platz gegriffen hat.

Aus der Classe der Reptilien untersuchte ich zwei Chelonier, Testudo graeca und Emys picta. Die Hypophysis lag bei beiden Thieren in der Sattelgrube und war durch einen dünnen von der Sattellehne zum vorderen Keilbein sich erstreckenden Fortsatz der Dura mater von dem überliegenden Zwischenhirn geschieden. Ueber der hinteren Hälfte der Drüse war dieser Fortsatz der Dura durchbrochen; es erstreckten sich hier Ausläufer der Drüsensubstanz gegen den Boden des Infundibulum, einen gegen die Umgebung nicht scharf sich abgrenzenden oberen Lappen darstellend. Das vordere Ende der Drüse reichte bis nahe an das Chiasma, das hintere lag unter dem Ende des Processus infundibuli. Der obere Lappen des Organs war flach, von geringer Dicke und Länge; er bestand aus spärlichen schlauchförmigen, vorwiegend von polygonalen Epithelien erfüllten Drüsengängen mit reichlicher interstitieller Bindesubstanz. Letztere war Trägerin eines mächtigen Plexus dünner Arterienzweige, an welchem sich sowohl Aeste der Carotiden als der Basilararterie betheiligten. Von diesem Plexus aus traten Zweige in grösserer Zahl mit zum Theil parallelem Verlauf in eine hilusartige Vertiefung der oberen Fläche des Hauptlappens (vgl.

Digitized by Google

Taf. X, Fig. 4). Dieser besass eine bindegewebige 0,02 dicke Kapsel; sie stand durch zahlreiche feine Fortsätze mit den die Gefässe umspinnenden Bindesubstanzlagen im Inneren des Organs in Verbindung. Das eigentliche Drüsenparenchym bestand aus cylindrischen, etwas gewundenen Schläuchen von 0,03 bis 0,07 Dicke. Sie waren umgeben von einer zarten Membrana propria und im Inneren erfüllt mit theils cylindrischen zur Hülle senkrecht gestellten, theils spindelförmig oder ganz unregelmässig gestalteten Epithelien. In der Mitte des Organs fand sich eine 0,2 hohe, 0,5 lange, mit einer dünnen durchsichtigen Gallerte erfüllte Höhle, welche von einer mehrfachen Lage sechsseitiger am freien Rand mit langem hyalinen Saum versehener Cylinderepithelien ausgekleidet war. Die Interstitien des Drüsengewebes waren erfüllt von ungleich weiten zwischen 0,006 und 0,02 im Durchmesser schwankenden Capillaren, welche Maschen von 0,03 bis 0,7 Weite bildeten. Ihr Blut sammelte sich in einer Anzahl kleiner in der Kapsel verlaufender Venenstämme, welche schliesslich zu einem grossen am hinteren Rand des Organs liegenden Venenstamm sich vereinigten.

Das Zwischenhirn bestand an seiner Basis aus einem vorderen Abschnitt, Trigonum cinereum, und einem hinteren, dem Infundibulum mit dem rudimentären Lobus infundibuli. Das Chiasma lag am vorderen Ende des Trigonum cinereum und ragte über letzteres vor; dasselbe war keilförmig gestaltet, seine Höhle spaltförmig; sie stand oben mit dem dritten Ventrikel in Verbindung, unten zeigte sie am vorderen Ende eine zweilappige der Mitte des Chiasma aufsitzende Ausstülpung von 0,5 Länge bei 0,08 Weite. Das Infundibulum stellte eine Verbreiterung des Trigonum cinereum dar, welche von dem überliegenden Zwischenhirn durch eine seichte Furche, in welcher jederseits ein Zweig der Arteria basilaris verlief, sich abgrenzte. Die spaltartige Höhle des Trigonum cinereum erweiterte sich beim Uebergang in das Infundibulum zu einem Ventrikel von 0,8 Höhe und ebensoviel Breite. Dieser stand vorne durch einen 0,1 weiten Gang mit dem dritten Ventrikel in Communication, wurde aber alsbald durch eine 0,5 mächtige Decke von ihm geschieden. Nach rückwärts verlängerte er sich in die Höhle des Processus infundibuli. Die Wandung des Infundibulum bestand aus der Decke, den Seitenwänden und dem Boden. Die Decke wurde gebildet vom Epithel und einer mehrfachen Lage dicht stehender Zellen mit runden Kernen und zarten in einen spitzen Fortsatz sich verlängernden Protoplasmahöfen, darüber lag eine 0,16 dicke Schichte feiner quer verlaufender Nervenprimitivfasern. Die seitlichen Wände verschmälerten sich im Verlauf nach abwärts, sie waren gebildet von dem Epithel, einer an dieses sich anschliessenden Zellenschicht und einer

Digitized by Google

mächtigen peripherischen Lage feinkörniger, durch fadenförmige Ausläufer der Zellenschicht in radiärer Richtung fein gestreifter Substanz. Der Boden des Infundibulum war gegen die Höhle emporgewölbt und bildete einen nach den Seiten steil, nach vorne und rückwärts sanfter abfallenden Vorsprung. Er war durch einen medianen mässig tiefen Einschnitt in zwei symmetrische Hälften getheilt. Die Epithelschicht setzte sich über seine ganze obere Fläche fort; sie war sehr entwickelt, die einzelnen Zellen cylindrisch, bis 0,05 lang, mit 0,01 langen Cilien versehen; die Zellenschicht der seitlichen Wände griff nur von den Seiten her mit dünnen Ausläufern auf den Boden über. Die Hauptmasse des letzteren wurde gebildet von der Pia mater, in welcher ein mächtiger, aus kleinen Arterien und Capillaren bestehender Gefässplexus sich entwickelt hatte, von welchem aus an den unten anliegenden oberen und weiterhin an den Hauptlappen der Hypophysis zahlreiche Aeste mit zum Theil parallelem Verlauf abgingen. Nach rückwärts verlängerte sich das Infundibulum in den einen kurzen 1 Mm. hohen, 1,4 Mm. breiten Fortsatz darstellenden Processus infundibuli, welcher dicht unter dem Ende der Basilararterie die Zwischenhirnbasis verliess. Er lag der hinteren Hälfte der oberen Fläche des Hauptlappens der Hypophysis dicht an und war durch das Operculum der Sattelgrube in seiner Lage befestigt. Seine Wand bestand aus drei Schichten: einer cylindrischen Epithellage, einer mehrfachen Lage von Zellen mit rundem Kern und zartem Protoplasmakörper und einer peripherischen Lage einer feinkörnigen in radiärer Richtung fein gestreiften Substanz.

Der wenig voluminöse Oberlappen der Hypophysis der Reptilien stimmt in seiner Beziehung zu dem Hauptlappen, namentlich aber in seiner Beziehung zu dem überliegenden Arterienplexus mit dem Oberlappen der Hypophysis der Amphibien, weiterhin aber mit der zungenförmigen Verlängerung überein, welche die Hypophysis der Haie und Rochen zur Zwischenhirnbasis entsendet. Das Infundibulum und seine Verlängerung zum Processus infundibuli zeigen, verglichen mit den Befunden der Amphibien und Fische, eine erhebliche Reduction. Diese betrifft den Processus infundibuli in ungleich höherem Grade als das Infundibulum. In der verdünnten Stelle am Boden des letzteren, welche dem mächtig entwickelten Gefässplexus der Pia mater anliegt, sehe ich das Analogon des Saccus vasculosus der Fische, welcher in modificirter Form, aber mit seinen wesentlichen Attributen sich vererbt hat. Der Processus infundibuli der Reptilien lässt sich betrachten als hervorgegangen aus einer weiter als bei den Amphibien vorgeschrittenen Reduction, durch welche Boden und Decke dieses bei den Fischen hoch entwickelten Hirntheils gleichmässig betroffen worden sind.

Aus der Classe der Vögel untersuchte ich Columba livia. Die Hypophysis lag bei diesem Thier in der Sattelgrube und wurde von dem überliegenden Zwischenhirn durch das dünne knöcherne Operculum der Sattelgrube geschieden. Dieses war gleich dem Operculum der Schildkröten durchbrochen; durch die Lücke erstreckte sich der Processus infundibuli zum hinteren Ende der Hypophysis und von der oberen Fläche der letzteren der rudimentäre Oberlappen zum Boden des Infundibulum. Der letztere hing mit einer Anzahl parallel verlaufender, durchschnittlich 0,2 weiter Arterienzweige, welche vom Boden des Infundibulum aus senkrecht zum Hauptkörper der Hypophysis verliefen, innig zusammen und wurde gebildet von einer Anzahl cylindrischer, den Arterien parallel verlaufender Drüsenschläuche von 0,02—0,05 Dicke. Sie bestanden aus einer zarten Membrana propria und waren erfüllt von theils quadratischen, theils polygonalen, hie und da deutlich cylindrischen Zellen, welche mit den Epithelien im unteren Lappen übereinstimmten (vergl. Taf. X, Fig. 5. *c*).

Die Hypophysis selbst war umgeben von einer dünnen bindegewebigen Kapsel und zeigte an ihrer oberen Fläche eine seichte hilusartige Einbuchtung. Das Parenchym wurde gebildet von zum kleinen Theil annähernd kugeligen, zum grösseren Theil in die Länge gezogenen, etwas gewundenen, mehrfach anastomosirenden Schläuchen von 0,012—0,04 Durchmesser. Sie bestanden aus einer zarten Membrana propria und wurden erfüllt von meist quadratischen und polygonalen, an den dickeren Schläuchen cylindrischen, senkrecht zur Hülle gestellten Epithelien mit grossem runden Kern und zartem Protoplasmakörper. Einzelne der Drüsenschläuche zeigten im Inneren ein schmales rundliches Lumen, welches regelmässig einen gelblichen, mattglänzenden Gallertkörper enthielt. Die Interstitien der Drüsensubstanz wurden ausgefüllt von netzförmiger Bindesubstanz und Gefässen. Letztere traten mit zahlreichen parallel verlaufenden Arterienzweigen, welche von einem am Boden des Infundibulum liegenden Plexus stammten, in der oberen Fläche des Organs ein und verbreiteten sich divergirend in letzterem; sie lösten sich in ein Capillarnetz auf, welches mit rhombischen Maschen von 0,02 bis 0,03 Weite die Drüsenschläuche umspann. Sie sammelten sich in Venen, welche in einen lockeren am Boden der Sattelgrube und zu deren Seiten befindlichen Plexus sich ergossen.

Die Basis des Zwischenhirns schloss sich an die am Boden des Mittelhirns befindlichen Hirnschenkel unter nahezu rechtem Winkel an. Sie zerfiel wie bei den Reptilien in einen vorderen Abschnitt, Trigonum cinereum, und einen hinteren, das Infundibulum. Das Trigonum cinereum lag über und vor dem Chiasma, seine Höhle war spaltförmig und

Digitized by Google

zeigte am Boden eine zweilappige Ausbuchtung mit keilförmigem Mittelstück. Der Grenze zwischen Trigonum cinereum und Infundibulum lag das mächtige Chiasma an; es waren jedoch beide Abschnitte hier viel weniger geschieden als bei irgend einer der bisher geschilderten Wirbelthierclassen. Das Infundibulum liess eine Decke, einen Boden, zwei seitliche und eine hintere Wand unterscheiden. Die Decke hing mit dem übrigen Zwischenhirn continuirlich zusammen und war durch eine spaltartige Verlängerung der Höhle des Infundibulum eine Strecke weit in zwei symmetrische Hälften zerlegt. Der Boden war dünn, 0,1 bis 0,2 im Durchmesser. Die ihm anliegende Pia beherbergte einen von Zweigen der Carotiden und der Basilararterie gebildeten Arterienplexus, gegen welchen sich der rudimentäre Oberlappen der Hypophysis erstreckte. Die Adventitia der Arterien war reich an Lymphkörpern. Die seitlichen Wände verjüngten sich im Verlauf nach abwärts, sie gingen vorne ohne scharfe Grenze in die seitlichen Wände des Trigonum cinereum, rückwärts in die hintere Wand des Infundibulum über. An ihrer Aussenfläche verliefen die mächtigen Tractus nervi optici. Die hintere Wand war gleich dem Boden dünn und erstreckte sich schief von unten und vorne nach oben und rückwärts, um dicht vor der Abgangsstelle der beiden Nervi oculomotorii unter nahezu rechtem Winkel an die Hirnstiele sich anzuschliessen. Das Infundibulum besass eine mediane Höhle. Sie begann in dessen Decke als ein medianer Spalt und erweiterte sich im Verlauf nach abwärts zu einem Hohlraum von 0,8 Länge bei 0,3 Breite bei elliptischem Querschnitt. Sie hatte unten einen kurzen von dem Boden und den untersten Abschnitten der seitlichen Wände begrenzten Anhang von vorne rhombischem, im Verlauf nach rückwärts sich abrundendem Querschnitt, mit welchem sie durch einen schmalen Spalt communicirte. Sie stand nach vorne mit der Höhle des Trigonum cinereum, nach rückwärts mit jener des Processus infundibuli in ununterbrochener Verbindung. Letzterer entsprang an der Grenze zwischen Boden und hinterer Wand als ein walzenförmiger Anhang von 1,2 Mm. Länge bei 0,7 Dicke und erstreckte sich nach rück- und abwärts zur oberen Fläche der Hypophysis. Er war in ganzer Ausdehnung hohl, die Höhle war auf dem Querschnitt birnförmig, 0,35 hoch, oben 0,05, unten 0,2 weit, durch eine eben wahrnehmbare Vorwölbung der Basis leicht zweilappig.

Der feinere Bau des Bodens und der unteren Partieen der seitlichen Wände des Infundibulum, sowie jener des Processus infundibuli waren von dem bei den Cheloniern beobachteten wenig verschieden. An das cylindrische Epithel, welches die Höhlen auskleidete, schloss sich eine an den Seitenwänden des Infundibulum und im Verlauf des Processus

Digitized by Google

infundibuli mehrfache, am Boden des Infundibulum gegen die Mitte zu sich verdünnende Lage von Zellen an. Sie waren zum Theil durch Gruppen feinster Nervenfasern in parallele Reihen zerlegt und bestanden aus runden Kernen mit sehr zarten Protoplasmahöfen, welche an einem Theil der Zellen nachweisbar in schmale Fortsätze gegen die Peripherie zu ausgezogen waren. Daran schloss sich eine ziemlich mächtige feingranulirte, durch Ausläufer der Zellen in radiärer Richtung deutlich gestreifte Rindenschicht. Am Processus infundibuli enthielt letztere Schicht eine ungewöhnliche Menge theils runder, theils elliptischer Kerne.

Aus der Classe der Säugethiere habe ich den Menschen auf verschiedenen Altersstufen untersucht.

Bei dem Neugeborenen verlängert sich die vordere Partie der Hypophysis zu einem dünnen cylindrischen Fortsatz von 0,4 Mm. Durchmesser, welcher längs der vorderen Fläche des Processus infundibuli gegen das hintere Ende des Chiasma sich erstreckt. Dieser Fortsatz enthält eine Anzahl parallel verlaufender 0,05 — 0,1 dicker Arterien, zwischen deren bindegewebigen Adventitien schmale gestreckt verlaufende, cylindrische Drüsenschläuche von 0,012 — 0,02 eingesprengt sind. Diese Schläuche bestehen aus einer dünnen Membrana propria und sind im Inneren erfüllt von meist quadratischen Epithelien von durchschnittlich 0,006 Seitenlänge. Sie gehen am unteren Ende über in die theils kurzen, der Kugelform sich annähernden, zum grössten Theil in die Länge gezogenen Schläuche, welche das Drüsenparenchym constituiren. Ihre Dicke beträgt 0,016 — 0,04, sie bestehen gleichfalls aus Membrana propria und Epithel. Die Mehrzahl der Schläuche ist solid, einzelne besitzen ein schmales centrales Lumen. Am hinteren Umfang der Drüse nahe ihrer Berührungsfläche mit dem Trichterfortsatz finden sich einzelne bis 0,5 lange und 0,1 breite Hohlräume, welche von kurzem Cylinderepithel von 0,006 Länge bei 0,004 Dicke ausgekleidet und mit durchsichtiger Flüssigkeit gefüllt sind. Ich zweifle nicht, dass dieselben in ähnlicher Weise, wie dies beim Schaf sich verfolgen lässt, aus Resten der ursprünglichen Hypophysenanlage hervorgehen. Die Interstitien der Drüsensubstanz werden erfüllt von Gefässen mit einer lockeren bindegewebigen Adventitia. Die vorwiegend am oberen Umfang der Drüse eintretenden Arterien lösen sich in ein Capillarnetz auf, welches mit rhombischen Maschen die Drüsenschläuche umspinnt. Die Capillaren sammeln sich zu Venen, welche vorwiegend am unteren Umfang der Drüse austreten; sie ergiessen sich zum grössten Theil in einen am Boden der Sattelgrube befindlichen Venenplexus, welcher durch seitliche Ausläufer mit dem Sinus cavernosus in

Digitized by Google

Verbindung steht. Dieser Venenplexus ist bisweilen in ziemlicher Mächtigkeit entwickelt und in einer Grube des Keilbeins gelagert; in dieser Form ist er von Landzert beschrieben und irrthümlicherweise mit einem Rest des ursprünglichen Hypophysengangs in Zusammenhang gebracht worden.

Der der hinteren Fläche der Hypophysis anliegende Processus infundibuli zeigte eine Länge von 6—8 Mm.; seine Dicke betrug im oberen Theil seines Verlaufs 0,8, sein Ende war kolbig verdickt bis zu einem Durchmesser von 2 Mm. Der ganze peripherische Abschnitt erwies sich solid, nur an der Abgangsstelle erstreckte sich ein kurzer blind endigender Ausläufer der Trichterhöhle in den Fortsatz. Er erwies sich allenthalben gebildet von zum kleineren Theil rundlichen, zum grösseren spindelförmigen Zellen mit elliptischen Kernen von 0,005 Dicke bei 0,015 Länge und theils feinkörnigem, theils längsstreifigem umhüllenden Protoplasmakörper. Diese Zellen waren zu förmlichen Bündeln vereinigt, welche ähnlich jenen eines Spindelzellensarkoms vielfach sich durchkreuzten. Von der umgebenden Pia aus erstreckten sich Gefässe durch die ganze Dicke des Trichterfortsatzes unter Bildung eines lockeren, vorwiegend in rhombischen Maschen angeordneten Capillarnetzes.

Bei dem vierjährigen Menschen fand ich die Verhältnisse wenig verändert; der schmale Fortsatz, welchen die Drüse von ihrem oberen Umfang aus gegen das Chiasma hin entsandte, war auch jetzt in einer Dicke von 0,4 längs der vorderen Fläche des Trichterfortsatzes nachweisbar. Die Drüse bestand wie früher aus theils kürzeren, theils längeren epithelführenden Schläuchen von 0,01—0,04. Der Processus infundibuli maass 10 Mm. in der Länge, seine Dicke betrug am Anfang 1, am Ende 2,5 Mm. Die Menge fibrillären Bindegewebes in seiner Substanz war beträchtlicher als früher.

Auch bei dem Erwachsenen findet sich constant ein schmaler Ausläufer der Drüse, welcher sich längs der vorderen Fläche des Trichterfortsatzes bis nahe an das Chiasma erstreckt. Er führt zahlreiche schmale Arterienzweige mit bindegewebiger Adventitia und zwischen diesen eine Anzahl gestreckt verlaufender 0,015—0,03 dicker, von quadratischen Epithelien erfüllter Schläuche. Sie setzen sich fort in die Schläuche, welche das Parenchym der eigentlichen Drüse bilden. Letztere sind theils kurz, der kugeligen Form sich annähernd, zum grösseren Theil sind sie stets in die Länge gezogen, etwas gewunden und hie und da untereinander in Verbindung. Ihr Durchmesser wechselt zwischen 0,016 und 0,06. Sie werden umhüllt von einer zarten Membrana propria und enthalten im Inneren Epithelien. Diese sind stets an

Digitized by Google

Grösse und Form sehr verschieden. Ein Theil der peripherisch liegenden gleicht kurzen Cylinderepithelien, sie sind 0,004—0,006 dick, 0,008—0,014 lang, ein anderer Theil ist mehr conisch oder quadratisch, die mehr central liegenden sind theils polygonal, theils ganz unregelmässig gestaltet; ihr Durchmesser schwankt zwischen 0,006 und 0,014, sie besitzen einen, selten zwei rundliche Kerne von 0,004—0,008 und einen zarten Protoplasmakörper ohne deutliche peripherische Verdichtung. Diese Zellen erfüllen die Schläuche theils vollständig, theils lassen sie ein schmales centrales Lumen von 0,01—0,015 frei, in welchem in der Regel gelbliche Colloidmassen enthalten sind. Da die Zellen in der Umgebung dieser Colloidmassen von jenen der übrigen Hypophysis nicht verschieden sind, halte ich das Colloid für das Resultat einer Eindickung des gewöhnlichen Secrets der Epithelien. Nahe der hinteren Fläche der Drüse finden sich constant grössere makroskopisch wahrnehmbare Hohlräume, welche im Innern theils Flüssigkeit, theils Colloidmassen führen. Sie sind von kurzem Cylinderepithel ausgekleidet, welches in einzelnen Fällen Cilien führt. Die Interstitien des Drüsengewebes werden von den Gefässen erfüllt mit der sie einscheidenden lockeren Adventitia. Die Arterien treten mit zahlreichen Zweigen am oberen Ende des Organs ein; sie stammen aus einem ziemlich reichen, am Boden des Infundibulum liegenden Plexus zwischen Zweigen der Carotiden und der Basilararterie. Daneben erhält die Hypophysis mindestens sehr häufig einen kleinen Arterienzweig, welcher von unten her das Keilbein durchsetzt; ich vermuthe, dass es ein Ast der Arteria pharyngea ascendens ist. Die Arterienzweige gehen im Inneren der Drüse in ein Netz 0,01—0,02 weiter Capillaren über, welche mit Maschen von durchschnittlich 0,03—0,04 Weite die Drüsensubstanz umspinnen. Die Venen ergiessen sich in einen lockeren die Hypophysis umgebenden Plexus, welcher sich schliesslich in die Sinus cavernosi ergiesst.

Die Basis des Zwischenhirns schliesst sich bei dem Menschen unter rechtem Winkel an die unter dem Mittelhirn liegenden Hirnstiele an. Der Anschluss wird bewirkt durch zwei neben der Mittellinie liegende halbkugelige Vorragungen, die Corpora candicantia, welche hier nicht weiter in Betracht kommen werden. Die vor den Corpora candicantia liegende Zwischenhirnbasis lässt bei dem Menschen und den übrigen Säugethieren dieselben zwei Abschnitte wie bei den übrigen Cranioten unterscheiden: einen vorderen, Trigonum cinereum, und einen hinteren, Infundibulum. Das Trigonum cinereum liegt gerade oberhalb des Chiasma nervorum opticorum, sein Boden ist dünn, 0,2 im Durchmesser, und mit der oberen Fläche des Chiasma fest verwachsen, an Imbibitionspräparaten mit scharfer Grenze von ihr sich son-

Digitized by Google

dernd. Die vordere Wand steigt von der vorderen Fläche der weissen Commissur 1,5 Mm. dick senkrecht nach abwärts, um in einer Entfernung von 3 Mm. oberhalb des Chiasma angelangt zu einem dünnwandigen, dreikantigen, dem Sporn eines Widderschiffs ähnlich geformten Vorsprung sich zu verlängern, welcher, allmälig sich zuschärfend, am vorderen Ende des Chiasma spitz endigt. Die seitlichen Wände sind verhältnissmässig dünn und verjüngen sich etwas im Verlauf nach abwärts. Am hinteren Ende des Chiasma geht das Trigonum cinereum in das Infundibulum über. Der Boden des ersteren biegt dabei unter rechtem Winkel in die vordere Wand des Infundibulum um. Diese verläuft in der Dicke von 1,8 Mm. erst senkrecht längs der hinteren Fläche des Chiasma nach abwärts, um an dessen unterer Fläche schief nach unten und vorne sich zu wenden unter gleichzeitiger Verdünnung. Die seitlichen Wände des Infundibulum werden von den Tractus nervi optici umfasst, sie verdünnen sich im Verlauf nach abwärts und streben von beiden Seiten der Mittellinie zu. Die hintere Wand vereinigt sich 3 Mm. unterhalb des Chiasma unter spitzem Winkel mit der vorderen, sie ist in ihrem ganzen Verlauf höchstens halb so dick als letztere; sie verläuft schief von unten und vorne nach oben und rückwärts zunächst bis zum Niveau der unteren Fläche des Chiasma, um sich von da an, flacher ansteigend, als die dünne Lamina posterior infundibuli an die Corpora candicantia anzuschliessen. Diese Lamina posterior ist in der Jugend stärker vorgewölbt als bei dem Erwachsenen. Sowohl das Trigonum cinereum als das Infundibulum sind hohl, die Höhle beider steht mit jener des dritten Ventrikels im Zusammenhang. An der Vereinigungsstelle der vorderen Wand des Infundibulum mit den seitlichen und der hinteren endet die Höhle spitz; die Wandungen verlängern sich von dieser Stelle aus zu einem nach abwärts und etwas nach vorne gerichteten, an seinem Ende keulenförmig verdickten Fortsatz, dem Processus infundibuli. Dieser liegt der hinteren Fläche der Hypophysis an und wird von beim Menschen verhältnissmässig kurzen, bei dem Hund langen seitlichen Fortsätzen der Drüse hufeisenförmig umgeben. Er ist bei sämmtlichen Säugethieren zur Zeit der Geburt solid, ausnahmsweise erhält sich zwischen vorderer und hinterer Wand ein schon mit freiem Auge sichtbarer feiner Spalt in verschiedener Ausdehnung. Dieser Fortsatz besitzt eine graugelbliche Farbe; er geht in die vordere Wand des Infundibulum ohne scharfe Grenze über, in die hintere Wand setzt er eine kurze Strecke sich fort, allmälig von oben nach unten sich auskeilend; die Stelle, wo Nervensubstanz die hintere Wand ausschliesslich bildet, giebt sich für das freie Auge durch eine seichte Querfurche und eine Aenderung in der Farbe zu erkennen. Längs der

hinteren Wand des Processus infundibuli verlaufen zahlreiche feine gestreckte Gefässe, welche demselben gleichfalls ein von der übrigen Wandung des Infundibulum verschiedenes Ansehen verleihen. Von diesem Befund, welcher die Regel bildet, weicht das Infundibulum in einzelnen Fällen insofern ab, als die Obliteration der ursprünglich durch den ganzen Processus infundibuli sich erstreckenden Höhle auf einen Theil des Infundibulum selbst übergreifen kann, so dass dessen Höhle schon im Niveau des Chiasma blind endigt.

Der Boden des Trigonum cinereum und die vordere Wand des Infundibulum zeigen übereinstimmenden Bau. Beide werden gegen die Höhle zu bekleidet von kurzem, mit Flimmern versehenem Cylinderepithel, darauf folgt eine dünne Lage feingranulirter Substanz mit spärlichen runden und elliptischen, zum Theil mit netzförmigen Protoplasmahöfen versehenen Kernen; sie wird peripherisch umfasst von einer mächtigen Lage eines aus feinen vielfach anastomosirenden Protoplasmafäden gebildeten Gewebes, welches theils runde, theils elliptische Kerne von 0,004 — 0,006 führt. An den seitlichen Wandungen des Infundibulum lassen sich die beiden inneren Schichten gleichfalls nachweisen; die äussere Schicht, welche auch hier das beträchtlichste Volum besitzt, enthält in einer theils feingranulirten, theils aus feinen netzförmig verzweigten Fibrillen gebildeten Kerne führenden Grundsubstanz Ganglienzellen von mittlerer Grösse, meist in drei Fortsätze ausgezogen und ist ausserdem von radiär verlaufenden feinen Protoplasmaausläufern der Epithelien fein gestreift. Die hintere zugleich den Boden bildende Wand des Infundibulum verhält sich insofern eigenthümlich, als erst in einiger Entfernung von dem spitzen Ende der Höhle die Ganglienzellenschicht von den seitlichen Wänden aus auf den Boden sich fortsetzt, und zwar in einer von vorne und oben nach rückwärts und unten sanft absteigenden Linie. Dies wird durch den Umstand bedingt, dass der Boden des Infundibulum eine Strecke weit von der Ansatzstelle des Processus infundibuli aus eine mit letzterem gleiche Structur hat und dieser modificirte Bau je weiter nach rückwärts um so mehr auf die untersten Schichten der hinteren Wand sich beschränkt. Der Bau dieser Partie ist gleich jenem des Processus von eigenthümlicher Beschaffenheit. Die Hauptmasse bildet sowohl beim Menschen als beim Schwein und Hund fibrilläres Bindegewebe, welches reich ist an zwischengestreuten runden und spindelförmigen, zum Theil selbst verästelten Zellen. Dieses ist in Bündeln vereinigt, welche ähnlich denen eines Spindelzellensarkoms in verschiedenen Richtungen sich durchkreuzen. Dazu kommen beim Menschen zahlreiche ziemlich grosse runde oder spindelförmige, zum Theil auch birnförmige Zellen, welche

Digitized by Google

in ihrem Protoplasma gelbe Pigmentkörner in grösserer oder geringerer Zahl führen. Sie gleichen den Zellen, welche in der Chorioidea und der das verlängerte Mark umgebenden Pia die bräunliche Färbung des Gewebes bedingen. In dem seltenen Falle, dass Reste der ursprünglichen Höhle des Processus infundibuli sich erhalten, findet man diese ausgekleidet von kurzem flimmerndem Cylinderepithel. So erklären sich die Beobachtungen Luschka's, welcher Flimmerzellen als einen Bestandtheil des Processus infundibuli angegeben hat. Letzterer erhält von der überziehenden Pia mater aus Gefässe, welche in seiner Substanz ein sehr lockeres Netz von unregelmässig rhombischen Maschen bilden.

Vergleicht man den Befund, welchen die Hypophysis des Menschen bietet, mit jenem der übrigen Wirbelthierclassen, so ergiebt sich, dass das Organ mit all' seinen wesentlichen Attributen durch die ganze Ahnenreihe sich vererbt hat. Es existirt kein wesentlicher Unterschied zwischen der Gestaltung des Organs bei Myxine und jener bei dem Menschen. Die vorliegenden Beobachtungen gestatten aber, dem Ausläufer, welchen die Hypophysis des Menschen gegen das Chiasma hin entsendet, eine bestimmte Bedeutung zuzusprechen: Ich sehe in ihm den Rest der zungenförmigen Verlängerung, welche bei den Haien und Rochen an der Basis des Infundibulum gegen das Chiasma hin sich erstreckt und bei den Amphibien, Reptilien und Vögeln zu einem bei ersteren scharf, bei letzteren weniger scharf von der Hauptmasse des Organs getrennten Oberlappen geführt hat. Diese Deutung stützt sich nicht nur auf die Gleichartigkeit der Lagerung und des Drüsenbaues, sondern namentlich auch auf die constanten Beziehungen, welche dieser Ausläufer durch die ganze Wirbelthierreihe hindurch zu einem an der Basis des Infundibulum liegenden Plexus zwischen Aesten der Carotis und Basilaris beibehalten hat. Durch diese Beziehung tritt die Hypophysis in ein analoges Verhältniss zu dem System der Carotiden und Schlüsselbeinarterien, wie es für die Schilddrüse der höheren Wirbelthiere Platz gegriffen hat.

Vergleicht man den Processus infundibuli des Menschen mit jenen der Reptilien und Vögel, so ergiebt sich eine vollkommene Reduction. Diese Reduction ist keine ursprünglich vorhandene, die Ursachen, welche zu derselben hinführen, werden vielmehr erst gegen das Ende der ersten Hälfte der Fötalzeit wirksam. Bis dahin stellt der Processus infundibuli des Menschen und der Säugethiere einen unzweifelhaften Hirntheil dar, welcher in seinem Bau mit jenem übereinstimmt, wie er bei den Cyklostomen und Reptilien das ganze Leben hindurch sich erhält. Die Rückbildung erfolgt in ähnlicher Weise, wie ein durch

Mangel der Erregungsquellen ausser Function gesetzter Nerve der Involution verfällt. Es ist das die Gefässe umgebende, in letzter Instanz aus der Pia stammende Bindegewebe, welches mit dem Schwund der specifischen Substanz in einen Zustand übermässiger Entwicklung geräth und letztere substituirt. Es ergiebt sich von selbst, dass bei dieser Sachlage der von Virchow angestellte Vergleich des Processus infundibuli mit dem Filum terminale des Rückenmarks weder von Seite der vergleichenden Anatomie noch der Entwicklungsgeschichte eine Begründung findet.

4. Schlussfolgerungen.

Aus den voranstehenden Beobachtungen geht hervor, dass die Formfolge, nach welcher die Hypophysis sich entwickelt, bei allen Cranioten dieselbe ist. Von Einfluss auf diese Formfolge sind: das Zwischenhirn, das ursprüngliche vordere Ende der Chorda, die Basilararterie und die Carotis mit ihren bindegewebigen Scheiden, endlich das Schlundepithel.

Das vordere Ende der Chorda fällt ursprünglich bei allen Cranioten gleichwie bei Amphioxus mit dem vorderen Ende des Leibes zusammen. Oberes Keimblatt einerseits, unteres andrerseits hängen mit demselben ziemlich fest zusammen. Indem das vordere Ende des zum Medullarrohr theilweise sich umwandelnden oberen Keimblatts bei den Cranioten das vordere Ende der Chorda im Wachsthum überflügelt, wölbt es sich vor letzterem nach abwärts, um die zukünftige Zwischenhirnbasis zu bilden. Dabei wird das vordere Ende der Chorda leicht abwärts gebogen. Wächst es zu dieser Zeit noch verhältnissmässig rasch, so erfährt es eine hakenförmige Krümmung, wobei das leicht verdickte Chordaende seinen Platz zwischen den ursprünglichen Stellen des Medullarrohrs und Schlunddrüsenblatts constant beibehält. Die gegen die Schlundfläche gerichtete Krümmung, welche bei den Haien die Gestalt eines scharf umgebogenen Hakens hat, kommt bereits bei den Amphibien in viel geringerem Maasse zur Entwicklung und wird bei den Vögeln und Säugethieren auf einen flachen Bogen reducirt. Die Elemente, welche das vordere Ende der Chorda zusammensetzen, bleiben wenigstens bei den höheren Cranioten eine Strecke weit ohne Differenzirung. Dieser Abschnitt verfällt, sobald der Zusammenhang zwischen Chordaende, Medullarrohr und Schlundepithel gelöst ist, einer vollständigen Rückbildung. Die Trennung zwischen ursprünglichem vorderen Ende der Chorda, Medullarrohr und Schlundepithel wird durch das Zwischenwachsen embryonaler Bindesubstanz bedingt. In

Digitized by Google

Folge derselben liegt das Chordaende älterer Embryonen eine Strecke weit von der Hypophysis entfernt. Die Entfernung ist zu einer Zeit eine beträchtliche, in welcher das die Hypophysenanlage umgebende gefässhaltige Bindegewebe erst sich anschickt, die ursprünglich einfache Anlage zu einem Complex drüsiger Gebilde umzuwandeln. Es kann unter diesen Umständen weder von einer Umwandlung des Chordaendes in die Substanz der Hypophysis im Sinne von REICHERT und HIS noch von einer Umwandlung in deren interstitielle Bindesubstanz im Sinne von DURSY die Rede sein.

Dem vorderen Ende der Chorda liegt in früher Zeit das Medullarrohr oberhalb, das Schlundepithel unterhalb an. Sobald das Herz und mit ihm die ersten Gefässanlagen sich entwickeln, drängt sich sowohl beim Frosch als beim Hühnchen mit der Anlage der Vertebrales und ihrer Verlängerung als Basilaris, welche den inneren Carotiden um etwas vorauseilen, eine Anfangs sehr dünne Schicht embryonalen Bindegewebes zwischen Chorda und Medullarrohr einerseits, Chorda und Schlundepithel andrerseits ein. Dadurch wird der Zusammenhang zwischen diesen Theilen gelöst mit Ausnahme der leicht verdickten Chordaspitze, welcher beide Theile zunächst noch anhaften. Von dem das Chordaende seitlich umgebenden Bindegewebe drängt sich eine dünne Lamelle zwischen die vordere Gehirnblase und die kurze ihr anliegende Strecke des Schlundepithels, sowie weiterhin zwischen vordere Gehirnblase und Hornblatt ein. Diese Bindesubstanz, welche ursprünglich von den Arterienadventitien ausgeht, ist die gemeinsame Anlage von Schädel und Hirnhäuten. Sie sondert sich frühzeitig in einen Theil, welcher mit dem Gefässapparat des Centralnervensystems in Verbindung bleibt und die Anlage der weichen Hirnhäute bildet, und in einen anderen, welcher die Chorda und nach aussen von ersterem das Gehirn umwächst, er wird zur Anlage der Dura und des Schädels. Es verhält sich in dieser Hinsicht die erste Anlage des Schädels mit der ersten Anlage der Wirbel analog, denn, wie HIS für das Hühnchen mit Recht angegeben hat und durch eine methodische Untersuchung von Froschlarven aus frühen Stadien sich bestätigen lässt, stammen die ersten Anlagen der Wirbel nicht aus den Urwirbeln, wie REMAK fälschlich glaubte, sondern aus den bindegewebigen Adventitien der primitiven Aorten [1].

---

[1] Die Entwicklung des Gefässsystems beim Frosch ist sowohl bei RUSCONI als bei REMAK unrichtig dargestellt. Auch bei dem Frosch sind zwei primitive Aorten vorhanden, welche nach Innen von den Urnierengängen unter den Muskelplatten (sog. Urwirbeln) liegen und erst secundär gegen die Mittellinie rücken und dort verschmelzen.

Digitized by Google

Indem die Basilararterie in der Entwicklung fortschreitet, wächst sie über das Chordaende hinaus und wird an ihrer unteren Fläche von einer Lage embryonaler Bindesubstanz in Form einer Scheide gestützt. Letztere stellt den mittleren Schädelbalken Heinrich Rathke's dar, dessen wahre Bedeutung zuerst Emil Dursy in das richtige Licht gestellt hat. Schon vor dem ersten Auftreten des mittleren Schädelbalken war das Zwischenhirn an der Stelle, wo es dem Chordaende anlag, in eine flache Falte erhoben worden, indem hier keine Bindesubstanz zwischen Chorda und Medullarrohr sich eingedrängt hatte. Sobald der mittlere Schädelbalken deutlicher sich markirt, drängt sich embryonale Bindesubstanz auch hier ein und löst den Zusammenhang; die Falte, welche von dem Chordaende und dem diesem noch anhaftenden Schlundepithel durch eine Lage embryonaler Bindesubstanz geschieden wird, ist die Anlage des Trichters, welcher nun durch selbständiges Wachsthum bei den verschiedenen Classen der Cranioten in verschiedener Weise sich weiter entwickelt.

Fast unmittelbar, nachdem die Lösung der Verbindung zwischen Medullarrohr und Chordaende erfolgt ist, verdickt sich die embryonale Bindesubstanz, welche zwischen Chorda und Schlundepithel liegt und seitlich die beiden Anlagen der inneren Carotiden beherbergt, dicht hinter dem Chordaende zu einem flachen Vorsprung, welcher das Schlundepithel vorwölbt. Dadurch wird ein auf dem Sagittalschnitt dreieckiger Anhang der Schlundhöhle zu Stande gebracht. Die vordere Begrenzung dieses Anhangs wird durch die dünne vom Schlundepithel überzogene Bindegewebslamelle, welche sich längs des Zwischenhirns heraberstreckt, die hintere durch den gleichfalls vom Schlundepithel überzogenen Wulst, die seitliche durch das die Carotiden umgebende Bindegewebe (die seitliche Schlundwand) bewirkt; die Spitze des dreieckigen Raums entspricht dem Chordaende, die untere Fläche wird durch die Oeffnung repräsentirt, durch welche der Anhang mit dem Schlund communicirt. Die Bindesubstanz, welche das Schlundepithel dicht hinter dem Chordaende vorwölbt, zeigt die Beschaffenheit von Schleimgewebe, sie nimmt rasch an Masse zu und drängt sich einerseits zwischen Chordaende und Schlundepithel ein, den Zusammenhang zwischen beiden lösend, andrerseits wächst sie rasch in der Richtung nach unten und vorne. Das Wachsthum erfolgt rascher an den Seiten, wo die beiden Carotiden verlaufen, als in der Mitte, was Rathke zur Aufstellung seiner paarigen oder seitlichen Schädelbalken veranlasst hat. Da zu gleicher Zeit die Bindegewebslamelle, welche die Zwischenhirnbasis umgiebt, an der Uebergangsstelle der hinteren in die untere Fläche des Zwischenhirns sich verdickt, wird der Eingang zu dem unter

Digitized by Google

dem Chordaende liegenden Anhang der Schlundhöhle von allen Seiten verengt. Man erhält in Folge davon einen vom Schlundepithel ausgekleideten flachen Hohlraum, welcher durch einen engen Canal senkrecht oder schief nach rückwärts mit der Schlundhöhle communicirt. Das obere Ende dieses Hohlraums liegt stets im vorderen Umfang der Basis der bindegewebigen Scheide der Basilararterie (des mittleren Schädelbalkens von Rathke), seine Gestalt richtet sich nach der Beschaffenheit der anliegenden Theile. Als allgemeines Gesetz lässt sich aussprechen, dass seine Längsachse um so mehr der Schädelbasis parallel verläuft, je weniger das Zwischenhirn über das vordere Chordaende nach abwärts sich gewölbt hat, je geringer mit andern Worten die Schädelkrümmung des betreffenden Thieres ist. Es zeigen sich dem entsprechend alle Zwischenstufen zwischen der nahezu horizontalen Lagerung, welche dieser Hohlraum bei den Haien und jedenfalls in noch höherem Grade bei den Cyklostomen und der nahezu senkrechten, welche er bei Vögeln und Säugethieren darbietet. Dieser Hohlraum ist die Anlage der Hypophysis, die Bindegewebslamelle, welche an der Uebergangsstelle der hinteren in die untere Wand des Zwischenhirns sich verdickt, stellt die Anlage des vorderen, jene, welche dicht hinter dem Chordaende sich entwickelt, jene des hinteren Keilbeins der höheren Cranioten dar.

Sobald der Zusammenhang zwischen Chordaspitze und Schlundepithel gelöst ist, atrophirt wenigstens bei den höheren Cranioten das Chordaende soweit, als seine Zellen ohne Differenzirung geblieben waren. Der Ausführungsgang, durch welchen die Hypophysenanlage mit der Schlundhöhle in Verbindung stand, wird durch stärkere Entwicklung der beiden dem vorderen und hinteren Keilbein der höheren Wirbelthiere entsprechenden Bindegewebsmassen immer mehr verengt und schliesslich zum Verschwinden gebracht.

Noch während die Abschnürung im Gange ist, nimmt die Anlage der Hypophysis an Umfang zu. Zu gleicher Zeit ist der über ihr liegende Abschnitt des Zwischenhirns in seiner Entwicklung zum Infundibulum begriffen. Beide werden durch die Bindegewebslamelle getrennt, welche schon in früher Zeit von der Umgebung des Chordaendes aus das Zwischenhirn umwachsen hatte. Diese Lamelle verhält sich während der Volumzunahme der beiden Organe bei den Cyklostomen anders als bei den übrigen Cranioten.

Bei den Myxinoiden ist die Entwicklung des Zwischenhirns und dem entsprechend auch die Schädelkrümmung sehr gering, das Infundibulum entwickelt sich zu einem dünnwandigen flachen Fortsatz, die vom Chordaende aus längs des Zwischenhirns herabwachsende Binde-

gewebslamelle erhält sich und wird an der Berührungsstelle mit dem Processus infundibuli nur leicht vertieft, sie entwickelt sich zur Hauptmasse des an dieser Stelle bindegewebig bleibenden Schädels. Der dem Keilbein der höheren Cranioten entsprechende hinter dem Chordaende und an der Uebergangsstelle der hinteren in die untere Wand des Zwischenhirns sich ausbildende Bindegewebewulst bleibt dünn und stellt die verhältnissmässig unbeträchtliche Decke des Nasenrachengangs dar. Die Hypophysis liegt horizontal zwischen beiden Lamellen und behält während des ganzen Lebens die Lage zwischen unterer Schädelfläche und Decke des Nasenrachengangs bei.

Bei den Petromyzonten ist insofern eine Wanderung der Hypophysenanlage gegen den Binnenraum des Schädels zu constatiren, als der den beiden Keilbeinen der höheren Cranioten entsprechende auch hier bindegewebig bleibende Abschnitt der Schädelbasis eine beträchtlichere Dicke gewinnt, während der zwischen Hypophysis und der Zwischenhirnbasis, welche hier zu einem voluminöseren Infundibulum sich entwickelt, liegende Abschnitt sich verdünnt. Die Hypophysis liegt auch hier horizontal zwischen den beiden Lamellen des Schädels, aber dessen Binnenraum näher als dessen unterer Fläche.

Bei allen übrigen Cranioten entwickelt sich der untere die Abschnürung der Hypophysenanlage bewirkende Abschnitt der an der Zwischenhirnbasis liegenden Bindegewebslamellen zu mächtigen Dimensionen, der obere wird in Folge der stärkeren Entwicklung des Infundibulum und das gleichzeitige Wachsthum der Hypophysis auf unbedeutende Dimensionen reducirt. Die Hypophysenanlage kommt in Folge davon frühzeitig in dem Binnenraum des Schädels zu liegen und tritt mit dem Infundibulum oder einem Theil des letzteren in unmittelbaren Contact.

Es folgt hieraus, dass von den Angaben, welche Heinrich Rathke über die Entwicklung der Hypophysis gemacht hat, soviel richtig ist, dass die Drüsenepithelien dieses Organs Abkömmlinge des Schlundepithels sind, dass aber von einem Hindurchwachsen einer Ausstülpung der Schlundhöhle durch die Schädelbasis im Sinne dieses Beobachters aus dem Grunde keine Rede sein kann, weil die Anlage der Hypophysis von vornherein über der Anlage der beiden Keilbeine oder ihren Aequivalenten zu liegen kommt.

Wenn die Anlage der Hypophysis einen gewissen Umfang erreicht hat, beginnt die Umwandlung des ursprünglich einfachen von Epithel ausgekleideten Hohlraums zu einem Complex drüsiger Gebilde. Diese Umwandlung erfolgt unter gleichzeitiger Betheiligung des Epithelialrohrs und des Gefässsystems, und zwar sind es Zweige der Carotiden

Digitized by Google

mit ihren bindegewebigen Adventitien, welche hier in Betracht kommen. Sie bedingen in der Wandung des Hohlraums eine Anzahl kurzer papillenförmiger Vorragungen, in deren Zwischenräumen verdickt sich das Epithel und bildet zapfenförmige Verlängerungen. Sie werden durch Verbreiterung der gefässführenden bindegewebigen Exkrescenzen alsbald umwachsen, während zu gleicher Zeit durch stärkere Erhebung der letzteren der ursprüngliche Hohlraum sich verengt. Sobald diese Zapfen eine gewisse Länge erreicht haben, werden sie durch seitliche Sprossen der umgebenden gefässführenden Bindesubstanz aus der Continuität des gemeinsamen Epithelialrohrs gesondert. Die schlauchförmigen Gebilde, welche auf diese Art zu Stande kommen, wiederholen ihrerseits den Process, welcher zu ihrer Isolirung geführt hatte, indem sie sich verlängern und seitliche Sprossen treiben, welche von der gefässführenden Bindesubstanz umwachsen und später abgeschnürt werden. Dadurch wird eine grössere Anzahl theils kürzerer der kugeligen Form sich annähernder, theils in die Länge gezogener cylindrischer Schläuche hervorgebracht, welche je nach der Betheiligung der auskleidenden Epithelschicht ein centrales Lumen besitzen oder von Epithelien gänzlich erfüllt werden. Der die ursprüngliche Anlage darstellende Hohlraum wird frühzeitig in Folge der Entwicklung der bleibenden Drüsenelemente verengt; er wird im weiteren Verlauf entweder durch stärkere Erhebung der die Epithelzapfen umgebenden gefässführenden Bindegewebsleisten und Entgegenwachsen bis zur Berührung zum Aufbau der Drüse mit verwendet und dadurch zum Verschwinden gebracht, dies ist der Fall bei Cyklostomen, Fischen und Amphibien, oder es erhalten sich Reste desselben, welche dann in der Regel eine constante Lagerung in der ausgebildeten Drüse einnehmen; dies ist der Fall bei Reptilien, Vögeln und Säugethieren. Die ausgebildete Hypophysis zeigt im Wesentlichen denselben Bau bei sämmtlichen Cranioten. Ich schliesse aus diesem Umstande, dass die Drüse ganz bestimmte Functionen zu erfüllen hat, welche mit der successiven Vervollkommnung der Organismen nicht entbehrlich geworden sind, denn nur unter dieser Voraussetzung wird die Vererbung des Organs durch die ganze Ahnenreihe mit Beibehaltung seiner wesentlichen Attribute verständlich.

Der gleichförmigen Entwicklung, welche die Hypophysis sämmtlicher Cranioten zeigt, steht eine sehr ungleichförmige Entwicklung des Infundibulum gegenüber. Nach erfolgter Lösung des Zusammenhangs zwischen Chordaende und Zwischenhirn beginnt der vor dem Ende der Basilararterie und ihrer Scheide liegende Abschnitt der Zwischenhirnbasis seine Wandung zu verdicken und gegen den dreieckigen,

zwischen Scheide der Basilararterie (sog. mittlerem Schädelbalken) und Schädelbasis liegenden Raum sich zu verlängern. An beiden Processen nimmt das Zwischenhirn bei den einzelnen Classen der Cranioten in verschiedener Ausdehnung und in verschiedener Weise Antheil. Bei den Cyklostomen und Fischen betheiligt sich die ganze vor dem mittleren Schädelbalken liegende Wand des Zwischenhirns an der Entwicklung des Infundibulum. Während aber bei ersteren das Infundibulum entsprechend der geringen Entwicklung des ganzen Gehirns zu einem Fortsatz von verhältnissmässig einfachem Bau sich verlängert, entwickelt es sich bei den Fischen zu einem voluminösen Hirntheil von complicirter Structur und nur ein meist unbedeutender Abschnitt, welcher als Saccus vasculosus constant zur Hypophysis in Lagebeziehung tritt, bleibt auf einer frühen Entwicklungsstufe stehen. Bei den Amphibien tritt eine erhebliche Reduction ein, indem ein grosser Theil der ursprünglichen hinteren Wand der Zwischenhirnbasis gar nicht sich verdickt, sondern zur rudimentären Decke des Lobus infundibuli wird. Bei den Reptilien, Vögeln und Säugethieren findet diese Reduction in fortschreitendem Maasse statt, indem ein immer grösserer Abschnitt der hinteren Wand des Zwischenhirns nur wenig sich verdickt und nur die Uebergangsstelle der hinteren in die untere Wand zu einem relativ immer unbedeutender werdenden Fortsatz, dem Processus infundibuli, auswächst. Das Wachsthum des letzteren erfolgt ziemlich langsam und schreitet zu einer Zeit noch fort, in welcher das ursprüngliche vordere Chordaende der Atrophie schon anheimgefallen ist. Während dieser Fortsatz bei den Reptilien und Vögeln als ein unzweifelhafter Hirntheil das ganze Leben hindurch persistirt, erfährt er bei den Säugethieren eine weitere Reduction, indem sein specifisches Gewebe im Verlauf der zweiten Hälfte des Fötallebens schwindet und durch Bindesubstanz substituirt wird.

Bei dieser Sachlage ist es selbstverständlich, dass nicht einmal für die Säugethiere und Vögel davon die Rede sein kann, die Entwicklung des Processus infundibuli aus mechanischen Einwirkungen der umgebenden Theile, namentlich des Chordaendes, abzuleiten, wie His und Dursy versucht haben, ganz abgesehen davon, dass eine solche Ableitung keine Rechenschaft für die auffallende Reduction zu geben vermöchte, welche die Zwischenhirnbasis im Verlauf der Vervollkommnung der Wirbelthiere erfahren hat. Ueber die Ursachen der Verschiedenheit, welche die Entwicklung der ursprünglich gleichartigen Anlage der Zwischenhirnbasis bei den einzelnen Classen der Cranioten zeigt, lassen sich zur Zeit höchstens Vermuthungen aufstellen. Ich halte es für wahrscheinlich, dass in Folge der erheblichen Veränderungen,

Digitized by Google

welche an den Embryonalanlagen der höheren Wirbelthierclassen gegenüber jenen der Cyklostomen und Fische frühzeitig zu constatiren sind, Leitungsbahnen allmälig in Wegfall gekommen sind, deren Existenz das bedingende Element für die verhältnissmässig hohe Entwicklung der Zwischenhirnbasis bei Cyklostomen und namentlich Fischen gebildet hat, und dass diesem physiologischen Moment die auffallende Reduction zugeschrieben werden muss, welche dieser Hirntheil bei der sonstigen Vervollkommnung der Wirbelthiere erfahren hat.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel IX.

Fig. 1. Sagittaler Längsschnitt durch die Mitte der Schädelbasis eines Hühnchenembryo vom dritten Bebrütungstag. *a* Nachhirn. *b* Zwischenhirn. *c* Heller Saum an dessen Basis. *d* Schlundepithel. *e* Arteria basilaris. *f* Chorda, von der Anlage des Sphenooccipitalknorpels umgeben. *g* Umgebogenes Chordaende, mit seiner stumpfen Spitze gerade über dem dreieckigen vom Schlundepithel ausgekleideten Raum liegend, welcher sich zur Hypophysis umwandelt. *h* Oberkieferfortsatz.

Fig. 2. Derselbe Schnitt von einem 5 Tage alten Hühnerembryo. *a* Zwischenhirn und Nachhirn. *b* Chorda. *c* Atrophirendes Chordaende. *d* Anlage des Sphenooccipitalknorpels. *e* Arteria basilaris. *f* Arteria carotis. *g* Oberkieferanlage. *h* Anlage des Präsphenoidknorpels. *i* Anlage der Hypophysis.

Fig. 3. Derselbe Schnitt von einem 7 Tage alten Hühnerembryo. *a* Arteria basilaris. *b* Anlage des Knorpels der Sattellehne. *c* Chorda. *d* Zwischenhirn mit dem sich verlängernden Processus infundibuli. *e* Arteria carotis. *f* Anlage des Präsphenoidknorpels. *g* Oberkiefer. *h* Bindegewebe zwischen Schlundepithel und Carotis. *i* Ausführungsgang der Hypophysis. *k* Anlage der Hypophysis.

Fig. 4. Derselbe Schnitt von einem 10 Tage alten Hühnchenembryo. *a* Arteria basilaris mit ihrer Scheide (dem sog. mittleren Schädelbalken). *b* Knorpel der Sattellehne. *c* Chorda. *d* Chiasma nervorum opticorum. *e* Processus infundibuli. *f* Arteria carotis. *g* Präsphenoidknorpel. *h* Schlundhöhle. *i* Ausführungsgang der Hypophysis. *k* Hypophysis.

Fig. 5. Derselbe Schnitt von einem 30 Mm. langen Embryo von Acanthias vulgaris. *a* Mittlerer Schädelbalken. *b* Basilararterie. *c* Postsphenoidknorpel. *d* Chorda. *e* Carotis. *f* Anlage des Infundibulum. *g* Anlage der Hypophysis. *h* Ausführungsgang der Hypophysis zum Schlund.

Fig. 6. Derselbe Schnitt von einem 12 Centimeter langen Embryo von Mustelus vulgaris. *a* Arteria basilaris mit ihrer Scheide. *b* Postsphenoidalknorpel. *c* Chorda. *d* Arteria carotis. *e* Unterer Theil der Hypophysis. *f* Hypophysis. *g* Infundibulum mit der Anlage des Saccus vasculosus.

Fig. 7. Feiner Schnitt durch die Hypophysis von Myxine glutinosa. *a* Drüsensubstanz. *b* Interstitielles Bindegewebe mit den Gefässen.

Digitized by Google

Fig. 8. Querschnitt des Schädels von Myxine glutinosa im Niveau der Hypophysis. *a* Schädelwand. *b* Dritter Ventrikel. *c* Ganglion nervi trigemini. *d* Infundibulum mit dem Processus infundibuli. *e* Nasenrachengang, über demselben bei *f* die Hypophysis.

Fig. 9. Längsschnitt durch Schädel und Gehirn eines jungen Petromyzon Planeri [1]). *a* Schädel. *b* Fortsätze der Pia mater. *c* Ausstülpung der Decke des Zwischenhirns mit der darüber liegenden Epiphysis. *d* Foramen Monroi. *e* Trigonum cinereum. *f* Infundibulum. *g* Hypophysis.

Fig. 10. Feiner Schnitt durch die Hypophysis von Scymnus lichia. *a* Drüsenlumen. *b* Epithelschicht. *c* Protoplasmafortsätze der Epithelien.

Tafel X.

Fig. 1. Sagittaler Längsschnitt durch Gehirn und Schädelbasis eines 10 Mm. langen Embryo von Salamandra maculata. *a* Unterkiefer mit der Zunge. *b* Chorda. *c* Anlage der Schädelbasis. *d* Hypophysis. *e* Chiasma nervorum opticorum. *f* Lobus infundibuli. *g* Dessen rudimentär bleibende Decke.

Fig. 2. Sagittaler Längsschnitt durch Gehirn, Hypophysis und angrenzenden Theil der Schädelbasis einer 35 Mm. langen Larve von Rana temporaria. *a* Schädelbasis. *b* Hypophysis. *c* Oberlappen der Hypophysis. *d* Chiasma. *e* Infundibulum. *f* Rudimentäre Decke des Lobus infundibuli.

Fig. 3. Sagittaler Schnitt durch die Hypophysis und den Lobus infundibuli einer erwachsenen Rana temporaria. *a* Hypophysis. *b* Oberlappen der Hypophysis. *c* Chiasma. *d* Lobus infundibuli. *e* Dessen rudimentäre Decke. *f* Arteria basilaris. *g* Zweig der Art. carotis. Beide bilden über dem Oberlappen der Hypophysis einen Plexus.

Fig. 4. Sagittaler Schnitt durch Hypophysis und Processus infundibuli von Emys picta. *a* Processus infundibuli. *b* Oberlappen der Hypophysis. *c* Hypophysis.

Fig. 5. Sagittaler Schnitt durch Hypophysis und Processus infundibuli von Columba livia. *a* Processus infundibuli. *b* Chiasma. *c* Pia mater zwischen Hypophysis und Processus infundibuli mit einem lockeren Plexus von Zweigen der Art. basilaris und Art. carotis. *d* Oberlappen der Hypophysis. *e* Hypophysis.

Fig. 6. Sagittaler Schnitt durch Schädelbasis, Hypophysis und Processus infundibuli eines Schweinsembryo von 18 Mm. *a* Chorda, gebogen durch die Anlage des Sphenooccipitalknorpels verlaufend. *b* Deren atrophirendes Vorderende. *c* Anlage des Knorpels der Schädelbasis. *d* Arteria basilaris. *e* Processus infundibuli. *f* Anlage der Hypophysis mit Ausführungsgang.

Fig. 7. Sagittaler Schnitt durch Schädelbasis, Hypophysis und Processus infundibuli eines Schafembryo von 7 Centimeter Länge. *a* Chordaende. *b* Knorpelige Schädelbasis. *c* Sattellehne, von der knorpeligen Anlage der Schädelbasis durch einen Perichondriumstreif noch getrennt. *d* Hypophysis. *e* Processus infundibuli.

---

1) Bei dem erwachsenen Petromyzon fluviatilis liegt der unteren Fläche der Schädelbasis an der Stelle, wo sie die Hypophysis beherbergt, der Nasenrachengang an, welcher bei jungen Thieren noch nicht entwickelt ist. Der zwischen Infundibulum und Hypophysis befindliche Schädelabschnitt ist zugleich von beträchtlicherer Dicke.

Digitized by Google

Fig. 8. Sagittaler Schnitt durch die oberste Partie der Hypophysis und des Processus infundibuli eines Schweinsembryo von 18 Centimeter Länge. *a* Ende der Höhle des Infundibulum. *b* Processus infundibuli, dessen Höhle obliterirt und dessen Wandung von Bündeln vorwiegend spindelförmiger Zellen gebildet wird. *c* Hypophysis. *d* Deren Verlängerung gegen das Chiasma.

Tafel XII.

Fig. 1. Sagittaler Schnitt durch Schädel und Gehirn einer eben aus dem Ei geschlüpften Froschlarve von 5 Mm. Länge. *a* Unterkiefer. *b* Herz. *c* Schlundepithel. *d* Chorda. *e* Anlage der Schädelbasis. *f* Gehirn. *g* Anlage des Lobus infundibuli.

Fig. 2. Schnitt durch Schädel und Gehirn einer Larve von Rana temporaria von 10 Mm. Länge. *a* Unterkiefer. *b* Schlundepithel. *c* Chorda. *d* Anlage der Schädelbasis. *e* Gehirn. *f* Lobus infundibuli. *g* Anlage der Hypophysis.

---

3. Ein Fall von kystomatösem Adenom der Hypophysis.

K., 81 Jahre alt, Beamter, wurde im Lauf des Jahres 1866 in die Klinik des Herrn Geh. Hofrath Gerhardt aufgenommen. Ueber Erscheinungen und Verlauf der Krankheit verdanke ich Herrn Privatdocenten Dr. Seidel, damals Assistenzarzte der Klinik, folgende kurze Notiz. Patient hatte seit 6—8 Jahren wiederholte apoplektiforme Anfälle, in deren Verlauf er allmälig geistesschwach wurde. Etwa zwei Wochen vor der Aufnahme in die Klinik bemerkten die Angehörigen eine unvollkommene Lähmung des rechten Arms. Patient selbst ist völlig ausser Stande, Angaben über seinen Zustand zu machen, seine Sprache ist unverständlich, monoton, unsicher, er bringt als Antwort auf die ihm gestellten Fragen gewöhnlich nur die letzten Worte der Frage mühsam heraus und behält solche dann als stehende Antwort oft Wochen lang bei. An seiner Umgebung nimmt er keinen Theil, ist bald heftig, bald heiter gestimmt ohne entsprechende Veranlassung. Ueber die Sensibilität ist nichts Sicheres zu ermitteln. Der rechte Arm ist in einem Zustande von Halblähmung, die feineren Bewegungen der Hand sind ganz unmöglich, Patient kann nicht einmal selbst essen. Heben und Beugen des Arms sind nur in beschränktem Umfang möglich. Er kann nur geführt gehen, auch da mühsam; das rechte Bein scheint schwächer. Will er selbst aufstehen oder gehen, so fällt er in der Regel schwer. Stuhl und Urin wird in das Bett gelassen. Von Ende Juli an starkes Jucken am ganzen Körper, so dass er sich überall, besonders im Gesicht zerkratzt. Strabismus convergens schon länger bestehend.

Digitized by Google

Leichte linksseitige Facialislähmung. Pupillen gleich, das rechte Auge meist geschlossen. Vegetirt so fort ohne besondere Aenderung. Ende September Husten, öfteres Frieren, Abnahme des Appetits, der nie sehr stark war. Anfangs October Zunahme des Hustens. Tod den 10. October früh 8 Uhr ohne besondere Erscheinungen.

Section denselben Tag Abends 4 Uhr. Nur die Eröffnung des Kopfes gestattet. Dickwandiges Schädeldach, an der Innenseite des linken Stirnbeins eine erbsengrosse höckerige Exostose. Dura verdickt, mit der Glastafel fest verwachsen, ihre Innenfläche über beiden Hemisphären von einer zarten mit feinen Gefässen versehenen graugelblichen Membran überzogen, in welcher einzelne frische Hämorrhagien. Diffuse Trübung der Arachnoides, in ihren Räumen eine die Norm weit überschreitende Menge klarer Flüssigkeit. Die Gefässe der Pia blutarm. Das Gehirn atrophisch, die Hirnwindungen, namentlich beider Stirnlappen verschmälert und weit auseinanderstehend. Umschriebene leichte Abplattung der beiderseitigen Frontoperietalwindungen unmittelbar neben der Mittellinie. Marklager und Rinde schmal, die Consistenz zähe. Seitenventrikel erweitert, klare Flüssigkeit führend, Ependym leicht granulirt. Beide Sehhügel atrophisch bei normaler Consistenz und Farbe, leichte Atrophie von Pons und verlängertem Mark. Die Arterienzweige an der Gehirnbasis erweitert und verkalkt. Der linke Nervus olfactorius nahe seinem Ursprung unbedeutend abgeplattet. Beide Nervi optici gleich dem Chiasma und den Tractus verschmälert. Dura mater über der Sattelgrube in flachem Bogen vorgewölbt durch eine mit ihr verwachsene weiche die Sattelgrube erfüllende und über letztere vorragende Geschwulst vom Umfang einer grünen Wallnuss. Processus infundibuli mit dem hinteren Umfang der Geschwulst verwachsen, gleich dem Infundibulum ohne erhebliche Veränderung. Sattelgrube erweitert, Sattellehne etwas nach rückwärts gebogen.

Die genauere Untersuchung ergab, dass an der Geschwulstbildung nur die Hypophysis betheiligt war. Der Processus infundibuli lag mit verdicktem Ende der hinteren Fläche der Geschwulst an und liess sich stellenweise ohne Schwierigkeit von letzterer trennen. Die Geschwulst selbst war von kugeliger Form, die Oberfläche glatt, auf dem Durchschnitt zeigte sie drüsig-körnigen Bau, röthlichgelbe Farbe, weiche Consistenz und gallertiges Aussehen. Nahe der hinteren Fläche enthielt sie eine runde, erbsengrosse, mit glatter, glänzender Wand versehene, mit gelblicher, klarer Flüssigkeit erfüllte Höhle. Sie war allseitig von einer mässig dicken bindegewebigen Kapsel umgeben, welche mit den Gefässen feine Fortsätze in das Innere entsandte. Den Hauptbestandtheil der Geschwulst bildeten drüsige Schläuche. Sie waren theils kurz,

der Kugelform sich annähernd, theils in die Länge gezogen und etwas gewunden, ihr Durchmesser schwankte zwischen 0,03 und 0,1. Sie waren gebildet von einer zarten Membrana propria, welche namentlich an den dickeren Schläuchen ungemein dünn war. Erfüllt wurden sie im Innern von Epithelien. Diese stellten an den kleineren Schläuchen Cylinder dar von 0,005 Breite bei 0,015 Länge mit rundem Kern, an den grösseren Schläuchen lagen die deutlichen Cylinderepithelien vorwiegend peripher und waren zum Theil stark verkürzt, nach Innen zu schlossen sich daran theils quadratische, theils polygonale, theils rundliche Zellen von 0,008—0,015 Durchmesser mit einem, seltener zwei bis drei Kernen und feinkörnigem, hie und da kleine Vakuolen zeigendem Protoplasmakörper ohne peripherische Verdichtung. Diese Zellen erfüllten die Schläuche theils vollständig, theils liessen sie ein centrales Lumen von 0,02—0,06 frei. Dieses Lumen erwies sich am gehärteten Präparat theils leer, enthielt also im frischen Zustand wohl Flüssigkeit, theils ausgefüllt von gelblichen, mattglänzenden Colloidklumpen, welche ähnlich jenen der Schilddrüse in Wasser quollen und in verdünnten Alkalien sich lösten. Die Wandung der kleinen Cyste, welche nahe der hinteren Fläche der Geschwulst ihren Sitz hatte, bestand aus einer deutlichen Membrana propria und dieser aufsitzendem mehrfachen kurzen Cylinderepithel. Die Interstitien der Drüsensubstanz wurden erfüllt von Gefässen mit netzförmiger sie umhüllender Bindesubstanz. Die Arterien und Venen waren in mässiger Zahl vorhanden, die Capillaren sehr weit, zwischen 0,01 und 0,03 messend, sehr dünnwandig.

Der Befund der Geschwulst weicht in keinem wesentlichen Punkte von dem Befunde ab, welchen die normale Hypophysis darbietet. Die Vergrösserung der einzelnen Drüsenschläuche, welche sich constatiren liess, reichte nicht hin, um die beträchtliche Volumvergrösserung des ganzen Organs zu erklären; es musste demnach neben der Vergrösserung eine Neubildung von Drüsenschläuchen erfolgt sein. Die Cyste, welche am hinteren Umfang der Geschwulst vorhanden war, entsprach aller Wahrscheinlichkeit nach einem der in der normalen Schleimdrüse an dieser Stelle gewöhnlich vorhandenen mikroskopischen Hohlräume. Die Eigenschaften der vorliegenden Geschwulst berechtigen, sie den Adenomen zuzuzählen; vermöge der Gallertabscheidung in der Höhle der Drüsenräume nähert sie sich den gelatinösen, vermöge der Cystenbildung den kystomatösen Formen des Adenom. Ihre Entwicklung hatte den Erscheinungen während des Lebens nach zu schliessen etwa acht Jahre beansprucht; diese Langsamkeit der Entwicklung in Verbindung mit dem vorgeschrittenen Hirnschwund, der immerhin theilweise der Altersmetamorphose wird zugeschrieben werden müssen,

Digitized by Google

erklärt es, dass trotz des beträchtlichen Volums verhältnissmässig geringfügige anatomische Veränderungen des überliegenden Gehirns zu Stande gekommen sind.

Wenn es nach Virchow[1]) bis jetzt nicht ausgemacht ist, ob der »vordere Lappen« der Hypophysis sich zu einer Struma gelatinosa entwickeln kann, so gestattet die vorliegende Beobachtung, diese Frage in positiver Weise zu bejahen. Wenn derselbe Beobachter ferner behauptet, dass die einfache Vergrösserung der Hypophysis kein bedeutendes Maass erreiche und grössere Geschwülste, welche unter dem Namen der Hypertrophie beschrieben worden sind, ohne Weiteres als Krebs angesehen werden können, so zeigt der gegenwärtige Fall, dass diese Behauptung Virchow's der Begründung entbehrt. Es wird sich im Gegentheil empfehlen, die in den Sammlungen vorhandenen Präparate von umfänglicheren Neubildungen in der Sattelgrube einer erneuten mikroskopischen Untersuchung zu unterwerfen, da ich nicht zweifle, dass eine solche die Zahl der einfachen und gallertigen Adenome der Hypophysis mehren wird.

---

4. Ueber die Entwicklung der Schilddrüse.

Die Angaben, welche über die erste Anlage der Schilddrüse vorliegen, sind zu widersprechend, als dass sie den Schluss auf einen für sämmtliche Wirbelthierclassen gemeinsamen Entwicklungsplan gestatten würden.

Nach den Angaben Huschke's[2]) geht die Schilddrüse hervor aus einer Umwandlung der äusseren Partien der Kiemenbogen, welche im Anschluss an deren Involution stattfindet. Zur Begründung dieser Angabe führt Huschke an: 1) das Fehlen der Glandula thyreoidea in der Classe der Fische, 2) die Lagerung an der äusseren Seite des hinteren Zungenbeinhorns beim Frosch, 3) ihr paariges Auftreten beim Hühnchen am 7. Bebrütungstag, nachdem die Kiemenbogen verschwunden sind, 4) das Getrenntsein ihrer beiden Hälften in frühen Entwicklungsstadien von Vögeln und Säugethieren durch einen weiten Zwischenraum, welcher bei den höheren Säugethieren sich verkleinert und erst

---

1) Die krankhaften Geschwülste. III. p. 86 und 88.

2) Isis 1826. p. 621. 1827. p. 403.

Digitized by Google

im Affen und Menschen unter Verschmelzung der Drüse zu einem gemeinsamen Körper schwindet.

Nach REMAK [1]), dessen Angaben sich auf die Vögel und speciell das Hühnchen beziehen, geht die Schilddrüse hervor aus einer unpaaren Ausstülpung der vorderen Schlundwand. Nach diesem Beobachter zeigt sich, wenn das Aortenende des Herzens den zweiten Schlundbogen verlassen hat, was ungefähr um die 70. Bebrütungsstunde zu geschehen pflegt, an der Vereinigungshaut der Schlundbogen dicht über dem Aortenende des Herzens ein runder undurchsichtiger Fleck von etwa $^1/_{15}$''' Durchmesser. Bei mikroskopischer Untersuchung überzeugt man sich leicht, dass dieser Fleck von einer Verdickung des Drüsenblatts herrührt, in dessen Zellen an dieser Stelle die Fetttröpfchen grösser und zahlreicher sind. Dieses runde Stück des Drüsenblatts bildet alsbald eine sackförmige Ausstülpung, welche sich mitsammt einem zarten von der Vereinigungshaut herrührenden Ueberzug von der Schlundhöhle abschnürt, so dass es an der Bauchfläche derselben genau in der Mittellinie des Körpers dicht über dem Aortenende des Herzens zu liegen kommt. Sobald das Aortenende des Herzens mit den drei Aortenbögen sich von den Schlundwänden ablöst, folgt ihm das blasige Drüsenblattstück und liegt alsdann in dem spitzen Winkel, welchen die Aortenwurzeln der rechten und linken Seite mit einander bilden. Dieses Drüsenblattstück theilt sich durch Abschnürung alsbald in zwei Blasen, welche zu beiden Seiten der Luftröhre neben der aus dem innersten Aortenbogen hervortretenden Carotis ihre Lage einnehmen.

HIS [2]), welcher gleich REMAK seine Beobachtungen am Hühnchen angestellt hat, hält es für wahrscheinlich, dass die Schilddrüse aus paarigen Verlängerungen der seitlichen Partieen der Schlundwand hervorgehe, und giebt eine hierauf bezügliche Abbildung.

Ueber die erste Anlage der Schilddrüse bei Säugethieren liegen übereinstimmende Angaben von ARNOLD [3]) und RATHKE [4]) vor. Nach diesen Beobachtern entwickelt sich das Organ aus der Luftröhre, nach ersterem an der Stelle, wo der Kehlkopf sich bildet, beim Menschen in der 7. bis 8. Woche, nach letzterem dicht hinter dem Kehlkopf zu der Zeit, wenn in der Luftröhre die einzelnen Ringe sich zu bilden beginnen. Nach den Beobachtungen ARNOLD's ist die Vermuthung MECKEL's, dass die Anlage Anfangs durch einen Ausführungsgang mit der Luftröhre communicire, welcher später sich schliesst, sehr begründet.

---

1) Untersuchungen über die Entwicklung der Wirbelthiere p. 39.

2) Untersuchungen über die erste Anlage des Wirbelthierleibes. Leipzig 1868.

3) ERHARDT's medizinisch-chirurgische Zeitung. 1831. IV. p. 301.

4) Nova acta Acad. Leopold. Carol. XIV. p. 208.

Ueber die Entwicklung der bleibenden Drüsenelemente aus der ursprünglichen Anlage liegen Angaben von Remak, Billroth und Kölliker vor. Sie beziehen sich sämmtlich auf Vögel und Säugethiere.

Nach den Beobachtungen Remak's [1]) erhalten die beiden Epithelialblasen, in welche die unpaare Anlage der Schilddrüse des Hühnchens sich theilt, alsbald an ihrer Oberfläche mehrere neue Einschnürungen, was ihnen ein gelapptes Ansehen giebt. In der That sind diese Umwandlungen auch die erste Andeutung der Lappen, welche man an der erwachsenen Schilddrüse unterscheidet. Doch erfolgt die vollständige Abschnürung dieser Abtheilungen von einander erst gegen das Ende des Eilebens. Bevor sie eintritt, entstehen in der verdickten Wand der Epithelialblase, ganz unabhängig von der gemeinsamen Höhle, die Anlagen neuer Epithelialblasen. Mit der Verdickung der Wand ist nämlich eine Zunahme der Zellen verbunden, so dass auf die Dicke der Wand mehrere Zellen kommen. Jene Wandzellen gruppiren sich nun dergestalt, dass in der Wand lange radial gestellte Reihen von Zellenhäufchen zu Stande kommen, von denen ein jedes die Anlage einer bleibenden Epithelialblase enthält. Unterstützt wird diese Sonderung dadurch, dass von der bindegewebigen Umhüllung her dünne Fortsätze zwischen die Reihen der Zellhäufchen eindringen, dazu bestimmt, für jedes Häufchen eine bindegewebige Hülle zu liefern. Jedes Zellenhäufchen bildet demnach einen runden oder ovalen, soliden, aus Zellen bestehenden Körper, welcher, wie es scheint, durch fortschreitende Theilung aus einer einfachen Zelle hervorgegangen ist. Erst gegen das Ende des Eilebens rücken die kleinen Zellen jener Anlagen so auseinander, dass sie als ein einschichtiges Epithel eine Höhle umschliessen, die demnach nicht eine unmittelbare Fortsetzung der primitiven Höhle der Drüsenanlage bildet. Mit anderen Worten, die Epithelbläschen, welche im erwachsenen Zustande die Alveolen der Schilddrüse auskleiden, entstehen aus der Wand der primitiven Schilddrüsenblase. Was aus der Höhle der letzteren wird, konnte Remak nicht hinlänglich eruiren. Sicher sei nur, dass sie in dem Maasse sich verengt und unkenntlich wird, in welchem ihre Wand sich verdickt. Es sei daher möglich, dass sie nicht ganz schwindet, sondern die sie zunächst begrenzende Zellenschicht der Wand nicht zur Bildung von secundären Epithelblasen verwendet wird und eine centrale Epithelblase bildet, welche durch fernere Einschnürung in kleinere Blasen zerfällt.

Remak stützt diese Deutung durch das Verhalten der Schilddrüse bei Säugethierembryonen. Bei Schweinsembryonen von 4 Zoll Länge

---

1) a. a. O. p. 122.

Digitized by Google

und darüber findet man in der Peripherie der Schilddrüse sehr kleine, rundliche, geschlossene Epithelblasen, im Centrum dagegen sehr grosse und zum Theil schlauchförmige, welche in der Abschnürung begriffen, angetroffen werden. Auch hier bemerkt man Erscheinungen, welche darauf hindeuten, dass nicht sämmtliche Blasen durch fortschreitende Abschnürung sich bilden, sondern auch aus verdickten Stellen der Blasenwand hervorgehen, in denen unabhängig von der Höhle der Mutterblase eine Höhle sich bildet, ähnlich wie es bei der Anlage der ersten secundären Blasen in der Wand der primitiven Schilddrüsenblase des Hühnchens beobachtet wird. Man beobachtet nämlich Epithelblasen, welche zwar eine zirkelrunde Höhle darbieten, deren Wand aber zipfelförmige solide Vorsprünge bildet. Diese enthalten offenbar die Anlagen neuer Blasen, denn man sieht zuweilen grössere Blasen, deren Vorsprünge schon kleine runde Höhlen enthalten, ohne dass ein Zusammenhang der letzteren mit der Höhle der grösseren Blasen bemerkbar wäre Aus diesen Beobachtungen geht hervor, dass die Epithelblasen, welche im erwachsenen Zustand der Wirbelthiere die eigenthümlichen Bestandtheile der Schilddrüse bilden, Abkömmlinge des das Nahrungsrohr auskleidenden Drüsenblatts sind.

Billroth [1]) erklärt, dass er die Angaben Remak's, welche er reproducirt, bei Hühner- und Natterembryonen, sowie bei frischen menschlichen Fötus verschiedenen Alters vollständig bestätigt gefunden habe, um wenige Zeilen später zu erklären, dass er den Entwicklungsgang beim Hühnchen nicht so klar wie Remak gefunden habe. Weder für die eine noch für die andere Angabe bringt Billroth irgend eine Begründung.

Kölliker [2]) erklärt es für sicher, dass die Schilddrüse bei den Säugethieren sehr früh auftritt und längere Zeit aus zwei getrennten Hälften besteht. Er giebt an, sie beim Rindsfötus von 7—8‴ wahrgenommen zu haben, wo sie schon ganz und gar aus kleinen Drüsenkörnern bestanden habe, welche er zu 0,01—0,02‴ bestimmte. Bei dem Menschen sei sie in der 7.—8. Woche doppelt vorhanden und bestehe ebenfalls aus kleinen Follikeln. Er lässt die Follikel beim Menschen durch Treiben rundlicher Sprossen und Abschnürung derselben sich vervielfältigen und muss die Angaben Remak's, welcher eine Vermehrung der Blasen durch Bildung solider Epithelknospen wahrgenommen zu haben glaubt, vollkommen bestätigen. Bei Kalbsembryonen von 3″ Länge, bei welchen die zwei Schilddrüsenanlagen schon durch

1) Archiv für Anatomie und Physiologie. 1856. p. 144.
2) Entwicklungsgeschichte p. 390.

Digitized by Google

einen Isthmus verbunden waren, fand er nur im Innern hohle Follikel, während die oberflächlichen Lagen ganz und gar aus eigenthümlichen soliden Zellenhaufen von den verschiedensten Formen bestanden. Durch Präparation gelang es ihm, ziemlich lange, gewundene, leicht ästige Stränge von 0,008—0,015‴ Breite zu isoliren, welche theils seitlich, theils endständig mit cylindrischen oder leicht angeschwollenen Sprossen besetzt waren, doch glückte es ihm nicht, diese Gebilde vollständig darzustellen und ihre Form genau zu bestimmen.

Was den Bau der ausgebildeten Schilddrüse betrifft, so lauten, seit John Simon in der Cyclopaedy die ganz isolirt dastehenden Angaben Cruveilher's widerlegt hat, die übereinstimmenden Angaben aller Beobachter dahin, dass die normale Schilddrüse aus mit Flüssigkeit gefüllten, geschlossenen, innen von einer Epithelschicht ausgekleideten Follikeln und interstitieller Blut- und Lymphgefässe führender Bindesubstanz bestehe.

Dem gegenüber behauptet Virchow [1]), dass die scheinbaren Blasen oder Follikel, welche die Schilddrüse zusammensetzen, vielfach untereinander zusammenhängen und verästelte blasige Auswüchse oder Fortsätze besitzen, welche jedoch selten in einer Ebene liegen und daher je nach der Richtung des Schnitts bald als isolirte, bald als verbundene, runde, ovale oder längliche Gebilde von sehr verschiedener Grösse erscheinen. Die einzelnen Körner oder Läppchen sind daher mehr als Systeme verästelter und blasig ausgestülpter Follikel, nicht als blosse Aggregate getrennter Blasen anzusehen. Jeder Follikel besitzt eine structurlose Membran, ausserhalb welcher die eigentliche bindegewebige Masse und die Gefässe liegen, und in deren Innern eine gewisse grössere oder kleinere Zahl von kernhaltigen Rundzellen enthalten ist. Häufig sehe man auch freie Kerne, indess seien diese wohl aus zelligen Elementen frei geworden. Früher habe man geglaubt, diese Zellen bildeten ein Epithel der Follikel; allein wenn man normale Follikel nimmt, so sieht man sie ganz und gar mit Zellen gefüllt; es ist keine epitheliale Bekleidung, sondern eine Ausfüllungsmasse; die Zellen liegen durch die ganze Dicke des Follikels hindurch und stimmen in Bau und Grösse am meisten mit den Zellen der Lymphdrüsen überein.

Ich habe zur Prüfung der voranstehenden Angaben Repräsentanten sämmtlicher Wirbelthierclassen untersucht. Bei Amphioxus habe ich jede Spur der Schilddrüse vermisst. Sie müsste hier als ein rundliches Säckchen an der Ventralseite des Schlundes gerade zwischen den bei-

1) Die krankhaften Geschwülste. III. Band. p. 7.

Digitized by Google

den directen Aortenbogen liegen. An dieser Stelle fehlt ein solches Gebilde.

Dagegen ist mir der Nachweis des Organs in der Classe der Cyklostomen bei Myxine glutinosa gelungen, welcher die Schilddrüse bisher allgemein abgesprochen worden ist. Sie liegt hier in der fettreichen Bindegewebslamelle, welche sich von der Ventralfläche des Oesophagus zur oberen Fläche des Kiemenarterienstammes in dessen ganzer Ausdehnung erstreckt und besteht aus einer ziemlich beträchtlichen Zahl theils zerstreut liegender isolirter, theils zu kleinen Gruppen von 2—5 vereinigter rings geschlossener Follikel. Letztere sind theils von kugeliger, theils von ellipsoidischer Gestalt, der Durchmesser der ersteren schwankt zwischen 0,1 und 0,25, der Längendurchmesser der letzteren erhebt sich bis zu 0,4. Sie bestehen aus einer dünnen Membrana propria und dieser aufsitzendem einschichtigem Epithel. Die Zellen des letzteren sind theils cubisch, 0,008 im Durchmesser, theils cylindrisch, 0,012 hoch, 0,008 breit, sämmtlich mit Kernen von durchschnittlich 0,006 und 1—2 Kernkörperchen und sehr zartem, feinkörnigem Protoplasmakörper versehen. Das Epithel umschliesst eine scharf begrenzte mit klarer, farbloser Flüssigkeit gefüllte Höhle.

Bei Petromyzon fluviatilis halte ich für das Aequivalent der Schilddrüse den paarigen birnförmigen Sack, welcher beiderseits vom Zungenbeinknorpel, zwischen Muskeln versteckt, bis zum Beginn des Bronchus sich erstreckt. Er besitzt eine Membrana propria, welche stellenweise kurze faltenartige Vorsprünge gegen das Innere bildet, einen Ueberzug von geschichtetem Cylinderepithel und eine scharf begrenzte geräumige Höhle. Einen Ausführungsgang habe ich so wenig als Rathke auffinden können.

Aus der Classe der Fische habe ich 30 Mm. und 20 Centimeter lange Embryonen von Acanthias vulgaris sowie erwachsene Exemplare von Raja clavata untersucht, die ersteren nach der Methode der successiven Querschnitte.

Bei den 30 Mm. langen Embryonen von Acanthias vulgaris war die Anlage der Schilddrüse von der Schlundhöhle bereits gesondert. Sie lag in der Mittellinie der vorderen Schlundwand und stellte ein ellipsoidisches in der Richtung vom Rücken zum Bauch abgeflachtes Säckchen dar. Die Breite dieses Säckchens betrug 0,4, seine Länge 0,5, seine Dicke in der Mitte 0,07, an den beiden verschmälerten Seiten 0,03. Vor demselben waren die Anlagen des Unterkiefers und Zungenbeins sichtbar, dem hinteren Ende lag die Theilung des 0,08 weiten Kiemenarterienstamms in seine beiden vordersten Aeste dicht an. Die untere Fläche war bedeckt von dem deutlich paarigen Musculus sterno-

hyoideus, die obere durch eine mässig dicke, zellenreiche Bindesubstanzlage mit einzelnen Muskeln vom Schlundepithel geschieden. Die Anlage bestand aus einer dünnen Schicht von spindelförmigen Zellen gebildeter Bindesubstanz, welcher nach Innen mehrschichtiges, cylindrisches, an grösseren und kleineren gelben Pigmentkörnern reiches Epithel aufsass. Dieses berührte sich an den verschmälerten seitlichen Enden des Säckchens, während in der Mitte zwischen der unteren und oberen Fläche ein scharf begrenztes Lumen von 0,04 frei blieb.

Bei den älteren Embryonen von Acanthias bildete die Schilddrüse einen flachen ellipsoidischen Körper von 1,3 Mm. Durchmesser bei 0,4 Dicke. Sie lag der Mitte der vorderen Fläche des Schlundes an, zwischen Zungenbein und Theilung des Kiemenarterienstammes, ventralwärts bedeckt vom Musc. sternohyoideus. Sie besass eine dünne aus spindelförmigen Zellen bestehende bindegewebige Kapsel, von welcher aus zarte Fortsätze in das Innere eindrangen. Mit den von beiden Seiten her in die Drüse eintretenden Arterien begaben sich stärkere an Lymphkörpern reiche Scheiden in das Innere der Drüse, deren Mitte von einem lockeren Gefässplexus eingenommen wurde. Die Drüsensubstanz wurde dargestellt zum grössten Theil von etwas gewundenen 0,08—0,12 im Durchmesser haltenden Schläuchen, zum kleineren von isolirten kugeligen, 0,15 im Durchmesser haltenden Follikeln. Schläuche und Follikel bestanden aus einer dünnen Membrana propria und dieser aufsitzendem cylindrischen Epithel, welches in den Follikeln ein deutliches, in den Schläuchen ein schmales spaltartiges Lumen frei liess.

Bei zwei sehr grossen Exemplaren von Raja clavata stellte die Schilddrüse einen braunrothen, flachen, vor der Theilung des Kiemenarterienstammes in seine beiden vordersten Aeste liegenden Körper dar. Sie bestand aus einer bindegewebigen Kapsel, von welcher aus gefässführende Septa in das Innere eindrangen, das Organ in eine spärliche Anzahl von Läppchen zerlegend. Diese setzten sich zusammen aus umschriebenen Follikeln und gefässführender interstitieller Bindesubstanz. Die Follikel waren zum grössten Theil kugelig, zum kleineren Theil etwas verzogen und länglich, ihr Durchmesser schwankte zwischen 0,15 und 0,4. Sie besassen eine dünne Membrana propria und eine Auskleidung von cylindrischem Epithel. Letzteres erwies sich an der Mehrzahl der Follikel einschichtig, in lange gegen die Höhle gerichtete Fortsätze ausgezogen, die einzelnen Zellen mit feinen gelblichen Pigmentkörnern versehen und am freien Rande einen feinen glänzenden Saum zeigend. In einem Theil der Follikel war mehrschichtiges Epithel vorhanden, welches hie und da kurze papillenartige Vorsprünge gegen das Innere bildete. Die Höhle der Follikel war an den

by Google

mittleren und kleineren erfüllt von durchsichtiger Flüssigkeit, an den grösseren enthielt sie theils homogene, gelbliche Gallertmassen, theils Anhäufungen rundlicher an gelbem Pigment reicher Körnchenzellen. Das interstitielle Gewebe bestand aus fibrillärer Bindesubstanz, welche die verhältnissmässig weiten Gefässe mit lockeren Netzen umspann.

Aus der Classe der Amphibien untersuchte ich von der Ordnung der Urodela Salamandra maculata in erwachsenen Exemplaren. Die Schilddrüse ist bei diesem Thiere paarig und liegt als ein länglicher, braunrother Körper an der inneren Fläche der hinteren Zungenbeinhörner nahe deren Ende und wird nach Aufhebung des sie deckenden Musc. omohyoideus sichtbar. Sie besitzt eine dünne bindegewebige Kapsel und besteht durchweg aus geschlossenen kugeligen Follikeln von 0,15 — 0,3. Die Follikel bestehen aus einer homogenen Membrana propria, einem einschichtigen, dieser aufsitzenden Epithel mit cubischen Zellen von 0,016 Seitenlänge und rundlichen Kernen von 0,01 und einer centralen scharf begrenzten Höhle, welche entweder farblose Flüssigkeit oder eine blassgelbliche Gallerte enthält. Die Follikel sind umgeben von dem spärlichen interstitiellen Gewebe, welches, aus einem Netz fibrillärer Bindesubstanz bestehend, die Gefässe umgiebt. Letztere sind verhältnissmässig weit, die Arterienzweige lösen sich in ein Capillarnetz auf, welches auf der Membrana propria der Follikel quadratische Maschen von durchschnittlich 0,05 Weite bildet.

Aus der Ordnung der Batrachia untersuchte ich die Schilddrüse des braunen Frosches (Rana temporaria L. und Ecker, Rana platyrhinus Steenstrup) von ihrer ersten Anlage bis zur definitiven Gestaltung. Die frühesten Stadien sind bei diesem Thier schwer zu verfolgen, da der Reichthum an schwarzem Pigment die Anwendung der Methode der successiven Schnitte erforderlich macht und methodisch angefertigten Querschnitten entsprechende Längsschnitte zur Seite gehen müssen, die Schnitte aber bei der grossen Brüchigkeit der Gewebe junger Larven leicht missglücken. Zur Untersuchung benutzte ich durchweg Larven, welche 5 Tage in chromsaurem Kali, hierauf in verdünntem und schliesslich in absolutem Alkohol längere Zeit gelegen hatten.

Das früheste Stadium in der Entwicklung der Schilddrüse boten Larven, welche seit kurzem das Ei verlassen hatten. Das Verbindungsstück der beiden vorderen Schlundbogen war leicht verdickt und bestand aus mässig pigmentreichen, spindelförmigen und rundlichen Zellen, in Folge des geringeren Pigmentreichthums unterschied sich seine Substanz scharf von den intensiv pigmentirten überziehenden Epithelsäumen. An seiner unteren Fläche bildete die Haut einen paarigen, mit je einer seichten Einkerbung versehenen Fortsatz, welcher sich bis zur

Herzgegend erstreckte. Das Herz lag unmittelbar hinter dem Verbindungsstück der beiden vorderen Schlundbogen in der vorderen Schlundwand, von der Anlage der Rachenschleimhaut und der äusseren Haut durch einen schmalen Flüssigkeit führenden Hohlraum geschieden. Der Conus arteriosus verlängerte sich zu dem kurzen Kiemenarterienstamm, welcher an der Theilungsstelle in seine Aeste dem Schlundepithel dicht anlag. Letzteres zeigte unmittelbar vor der Theilungsstelle eine runde mediane Ausstülpung von 0,05 Länge, welche unter leichter Verengerung mit der Schlundhöhle communicirte (vergl. Taf. XII, Fig. 3 und 4).

Bei Larven von 6 Mm. Länge hatte das Verbindungsstück der vordersten Schlundbogen stärker sich verdickt. Die rundliche unmittelbar vor der Theilungsstelle des Kiemenarterienstammes gelegene mediane Ausstülpung des Schlundepithels war durch Vermehrung der auskleidenden Zellen solid und stellte in Folge ihres Pigmentreichthums einen kugeligen schwarzen Körper dar, welcher durch eine doppelte Reihe dicht aneinander liegender cubischer, sehr pigmentreicher Zellen mit dem analog beschaffenen Schlundepithel zusammenhing. Unmittelbar hinter der Anlage der Schilddrüse lag die Bifurcation des Kiemenarterienstammes, dessen Endzweige mit einem Durchmesser von 0,046 zu beiden Seiten derselben sichtbar waren (vergl. Fig. 5 auf Taf. XII).

Bei Larven von 7 Mm. war die Anlage der Schilddrüse durch Zunahme der spindelförmigen und runden Zellen, welche das Verbindungsstück der vorderen Schlundbögen herstellten, vom Schlundepithel abgeschnürt und der schmale Verbindungsstreif zum letzteren zum Schwund gebracht. Sie stellte einen kugeligen Körper von 0,07 Durchmesser dar, welcher dicht vor dem Ende des Kiemenarterienstammes lag und durchweg aus cubischen, sehr pigmentreichen Zellen bestand, welche durch ihren Pigmentgehalt von den lichtbraunen Zellen der Schlundwand sofort sich unterschieden (vergl. Taf. XII, Fig. 6).

Bei Larven von 11 Mm. Länge hatte das Ansehen der vorderen Schlundwand erheblich sich verändert. Der paarige Fortsatz, welchen die Haut an der unteren Fläche der vordersten Schlundwand entsandt hatte, war im Verschwinden. Unter der Haut war die Anlage eines dünnen quer verlaufenden Muskels (Musc. submaxillaris Ecker) sichtbar. Vor diesem Muskel lag auf Längsschnitten der eben in der Differenzirung begriffene Knorpel des Mittelstücks vom Unterkiefer, über ihm der ebenfalls in der Differenzirung begriffene Knorpel der Copula des Zungenbeins, welcher an seinem hinteren Ende einen dreieckigen Vorsprung nach abwärts entsandte. Auf Querschnitten erschien dieser Fortsatz gleichfalls dreieckig mit nach vorne gerichteter stumpfer Spitze

Digitized by Google

und 0,13 Seitenlänge und hing seitlich mit je einer dünnen Knorpelspange zusammen. Die Schilddrüse lag diesem Fortsatz der Copula des Zungenbeins dicht an; sie hatte in Folge der Entwicklung des letzteren die Gestalt eines Zwerchsacks angenommen von 0,17 Länge und bestand aus einem dünnen Mittelstück und dickeren seitlichen Hälften. Das Mittelstück umgab die vordere Kante des Knorpelfortsatzes an der Copula des Zungenbeins als ein dünner, nur 0,018 messender Körper, die beiden seitlichen Hälften lagen von innen und unten nach aussen und oben gerichtet deren beiden Seitenflächen an, ihre Dicke betrug 0,05. Sowohl letztere als das Mittelstück bestanden wie früher aus cubischen, sehr pigmentreichen Zellen und stellten einen schwarzen, bei dem geringen Pigmentgehalt der Umgebungen leicht sichtbaren Halbring dar, welcher dem Ende des Kiemenarterienstammes unmittelbar vorlag (vergl. Fig. 7 und 8 auf Taf. XII).

Bei Larven von 15 Mm. war die Trennung der bisher unpaaren Schilddrüsenanlage in zwei symmetrische Hälften vollendet. Sie stellten von innen und unten nach oben und aussen verlaufende, in der Richtung von oben nach unten sich verschmälernde Körper von 0,12 Länge bei 0,06 Dicke dar und wurden wie früher gebildet von cubischen, kernhaltigen Zellen, welche etwas pigmentärmer waren als früher und zugleich lockerer aneinandergereiht erschienen. Beide Drüsenhälften lagen dicht vor dem Anfangsstück der beiden Aeste, in welche das Ende des 0,13 weiten Kiemenarterienstammes sich theilte, am hinteren Ende der Seitenflächen des dreieckigen Fortsatzes der Copula des Zungenbeins, nach unten begrenzt vom Musculus submaxillaris, seitlich vom Musc. sternohyoideus.

Bei Larven von 20 Mm. hatte die Lagerung der Drüse sich nicht wesentlich verändert, jedoch lag sie von der Bifurcation des Kiemenarterienstammes etwas entfernter. Ihr Umfang hatte zugenommen, so dass sie bei einer Länge von 0,16 eine Dicke von 0,07 zeigte. Sie bestand aus einem lockeren Netz solider, cylindrischer, etwas gewundener Schläuche von 0,013 — 0,016 Durchmesser, welche aus cubischen, kernhaltigen, in ihrem Protoplasma mässige Mengen schwarzen Pigments führenden Zellen bestanden. Diese Schläuche waren umgeben von lockeren Zügen einer an spindelförmigen und netzförmigen Zellen reichen Bindesubstanz, welche von den Umgebungen aus in die ursprünglich solide Anlage eingedrungen war (vergl. Taf. XII, Fig. 9).

Bei Larven von 25 Mm. bildeten neben soliden von Epithelien erfüllten Schläuchen eine Anzahl gesonderter und in Sonderung begriffener Follikel das Parenchym. Letztere zeigten kugelige Gestalt und einen Durchmesser von 0,013 — 0,026. Sie bestanden aus einer eben wahr-

nehmbaren Membrana propria, dieser aufsitzendem einschichtigen, cubischen Epithel, dessen Protoplasma noch schwach pigmenthaltig war und enthielten im Innern eine scharf begrenzte, mit Flüssigkeit gefüllte Höhle von 0,01—0,016. Zum Theil hingen diese Follikel mit schlauchförmigen Drüsenanlagen noch durch einen Isthmus zusammen. Entsprechend dem Abschnürungsprocess war die interstitielle Bindesubstanz stärker entwickelt; sie führte 0,01 weite Capillaren, welche von einer aus spindelförmigen Zellen gebildeten Adventitia umgeben waren, deren Zellen stellenweise dichter gehäuft lagen (vergl. Fig. 10 auf Taf. XII).

Bei Larven von 35 Mm. mit Schwanz und vier Extremitäten besass jede Schilddrüsenhälfte eine Länge von 0,3 bei 0,24 Dicke; die umgebende Bindesubstanz bildete eine dünne Kapsel und entsandte mit den Gefässen Fortsätze in das Innere. Die Drüsensubstanz bestand der Hauptsache nach aus discreten Follikeln, deren Durchmesser jetzt zwischen 0,02 und 0,06 Mm. schwankte. Sie waren theils kugelig, theils verzogen, die kleineren hie und da in kurze Schläuche sich fortsetzend und anscheinend in der Abschnürung noch begriffen. Sie bestanden aus einer sehr dünnen Membrana propria, cubischem, in einfacher Lage dieser aufsitzendem Epithel von 0,007 Seitenlänge, dessen Protoplasma pigmentfrei war und einer centralen, scharf begrenzten, Flüssigkeit führenden Höhle. Das interstitielle Gewebe bestand aus geräumigen Capillaren, welche von theils fibrillärer, theils aus spindelförmigen Zellen bestehender Bindesubstanz locker umscheidet wurden.

Bei jungen Fröschen, welche vor wenigen Tagen den Schwanz verloren hatten, war die Schilddrüse etwas nach hinten gerückt und lag zu beiden Seiten des Zungenbeinkörpers dicht vor der Ansatzstelle der Cornua thyreoidea. Sie war allseitig von Muskeln umgeben und besass eine dünne bindegewebige Kapsel, von welcher aus die Gefässe mit ihren bindegewebigen Adventitien in das Innere eindrangen. Die Drüsensubstanz bestand durchweg aus rings geschlossenen, theils kugeligen, zum kleineren Theil ellipsoidischen oder unregelmässig gestalteten Follikeln von 0,05—0,15 Diam. Sie bestanden wie früher aus einer zarten Membrana propria, einem einschichtigen, aus cubischen Zellen von 0,015 Breite, 0,016 Höhe ohne Pigment bestehenden Epithel und einer scharf begrenzten centralen Höhle, welche durchsichtige, farblose Flüssigkeit ohne Formgebilde enthielt. Es hatten sich die Follikel demnach vergrössert; diese Vergrösserung war erfolgt unter Vervielfältigung der auskleidenden Epithelien und Zunahme der Secretion. Die interstitielle Bindesubstanz mit den Gefässen zeigte keine Abweichung von dem Befund des letzten Stadiums (vergl. Fig. 11 auf Taf. XII).

Digitized by Google

Aus der Classe der Reptilien untersuchte ich von der Ordnung der Ophidier Tropidonotus natrix in erwachsenen Exemplaren. Die Schilddrüse liegt bei diesem Thier als unpaarer, flach rundlicher Körper unterhalb der Trachea, eine kurze Strecke vor dem Aortenbogen, und wird zu beiden Seiten von der paarigen, bei erwachsenen Thieren in einen langgestreckten Fettkörper verwandelten Thymus umgeben und theilweise bedeckt. Sie besitzt eine dünne, bindegewebige Kapsel, welche mit den Gefässen zarte Fortsätze in das Innere entsendet. Das Parenchym besteht aus kugeligen Follikeln von 0,15 — 0,4 Diam. Sie liegen dicht gedrängt und zeigen eine dünne Membrana propria, ein dieser aufsitzendes cubisches Epithel von 0,006 Seitenlänge und im Innern eine scharf begrenzte Flüssigkeit oder gelbliche Gallertmassen enthaltende Höhle. Das interstitielle Gewebe besteht aus einer geringfügigen lockeren Bindegewebshülle der Gefässe; letztere bilden in ihrem capillaren Abschnitt auf der Membrana propria der Follikel ein ziemlich regelmässiges Netz von 0,1 Maschenweite.

Aus der Ordnung der Saurier untersuchte ich Lacerta ocellata in zwei grossen vollkommen ausgewachsenen Exemplaren. Die Schilddrüse liegt bei diesem Thier in Form eines schmalen, aus einem medianen Isthmus und zwei seitlichen Hälften bestehenden Halbrings vor der Trachea, kurz über deren Bifurcation unterhalb des oberen Endes des Sternum, weit hinter dem Zungenbein. Das eigentliche Parenchym wird gebildet von geschlossenen Follikeln von kugeliger Form und 0,1 — 0,2 Diam. Sie liegen in unregelmässigen Gruppen durch das interstitielle Gewebe zerstreut und bestehen aus einer dünnen Membrana propria, einem einschichtigen, dieser aufsitzenden Epithel, welches lange Cylinder von durchschnittlich 0,014 Länge bei 0,004—0,006 Dicke bildet und einer scharf begrenzten centralen Höhle, welche farblose Flüssigkeit oder gelbliche Gallertmassen führt. Das interstitielle Gewebe, welches durch die dünnen Bindegewebsscheiden der Blutgefässe mit der bindegewebigen Kapsel zusammenhängt, ist ungemein reich an Fettzellen von durchschnittlich 0,06 und drängt durch diesen Fettreichthum das eigentliche Drüsenparenchym zu unregelmässigen Gruppen auseinander, welche zum Theil ausser aller Verbindung stehen. Die Blutgefässe bilden auf der Membrana propria der Follikel ein sehr zierliches Capillarnetz von durchschnittlich 0,05 Maschenweite.

Der Befund, welchen die Schilddrüse dieser Thiere darbietet, ist von besonderem Interesse wegen der nahen Beziehungen, welche er zu der Schilddrüse der Fische bietet. Das hohe Cylinderepithel, welches die Schilddrüsen-Follikel der Saurier auskleidet, erinnert an das gleichfalls sehr langgestreckte Epithel in der Schilddrüse der Rochen,

während das zerstreute Auftreten der Follikel in dem fettreichen interstitiellen Gewebe an die Schilddrüse der Myxinoiden und vieler Teleostier erinnert, bei welchen die Zerlegung des Organs in Gruppen selbständiger Läppchen Platz gegriffen hat.

Von der Ordnung der Chelonier untersuchte ich Emys picta und Cistudo carolina. Die Schilddrüse liegt bei beiden als flach rundlicher, unpaarer Körper dicht vor den Aortenbogen unterhalb der Trachea. Sie besitzt eine dünne bindegewebige Kapsel, das Parenchym besteht aus kugeligen Follikeln von 0,2 — 0,8 Diam., welche aus einer Membrana propria, einem einschichtigen, ziemlich flachen, polygonalen Epithel von 0,006 — 0,01 Fläche bei 0,003 Höhe und centraler, meist mit homogener Gallerte erfüllter Höhle bestehen. Die Follikel stehen sehr dicht und lassen für die Gefässe und deren Bindegewebescheiden nur unbedeutende Zwischenräume frei. Die Blutgefässe bilden in ihrem capillaren Abschnitt auf der Membrana propria der Follikel Maschen von durchschnittlich 0,15 Weite.

Aus der Classe der Vögel untersuchte ich die Schilddrüse des Huhns von der ersten Anlage bis zur Gewinnung der bleibenden Form.

Bei Hühnchen vom Ende des zweiten Bebrütungstags, welche die beiden oberen Schlundspalten und die drei vordersten Kiemenarterien entwickelt zeigten, fand ich noch keine Spur der Schilddrüsenanlage.

Das früheste Stadium boten Hühnchen von der Mitte des dritten Tags. Sie besassen drei Schlundspalten, der vorderste Kiemenbogen war verdickt, die erste Kiemenarterie obliterirt, die Verbindung zwischen Kiemenarterienstamm und erstem Kiemenbogen gelöst. Die zweite, dritte und vierte Kiemenarterie waren vorhanden und verliefen mit einem Durchmesser von 0,03 in den entsprechenden Kiemenbogen. An der Stelle, wo die beiden vordersten Kiemenarterien aus dem Stamm entsprangen, um in die Schlundwand einzutreten, fand sich eine birnförmige, gegen die Arterienbifurcation gerichtete Ausbuchtung des Schlundepithels in der Mitte der vorderen Schlundwand. Sie war 0,15 lang, 0,1 hoch, inwendig hohl und stand durch eine verengerte Oeffnung mit der Höhle des Schlundes in Communication. Von der Adventitia der vordersten Kiemenarterien erhielt sie einen sehr dünnen, aus spindelförmigen Zellen bestehenden Ueberzug (vergl. Taf. XI, Fig. 1).

Bei Embryonen vom Anfang des vierten Bebrütungstags waren vier Kiemenspalten entwickelt, die vordere Schlundwand hatte eine Dicke von 0,14. Auch die zweite Kiemenarterie war obliterirt, dagegen die fünfte entwickelt, der Durchmesser der Kiemenarterien betrug 0,04. Dicht über der Ursprungsstelle der vordersten Kiemenarterien fand sich

Digitized by Google

in der Mitte der vorderen Schlundwand die Anlage der Schilddrüse als ein rundlicher Körper von 0,12 Durchmesser. Sie besass eine dicke aus geschichtetem Cylinderepithel gebildete Wand und in der Mitte eine Höhlung von 0,003. Ihre Epithelauskleidung stand durch einen kurzen von Cylinderepithel ausgekleideten Gang mit eben wahrnehmbarem Lumen mit dem Schlundepithel in Zusammenhang.

Beim Hühnchen vom Ende des vierten Bebrütungstags war die vordere Schlundwand 0,4 dick, die drei Kiemenarterien 0,07 im Durchmesser. Die Schilddrüse lag wie im vorigen Stadium in der Mitte der vorderen Schlundwand dicht über der Theilung des Kiemenarterienstammes in seine vordersten Aeste, sie war rund, 0,17 im Durchmesser und bestand in der Peripherie aus radiär gestellten, cylindrischen, im Innern aus cubischen Epithelien, welche dicht gedrängt lagen und das Innere vollständig erfüllten. An seiner hinteren Fläche stand dieser Körper durch einen dünnen, 0,15 langen, 0,016 dicken, von 0,008 hohem Cylinderepithel ausgekleideten Gang ohne nachweisbares Lumen mit dem Schlundepithel noch in Zusammenhang; an der ganzen übrigen Oberfläche setzte er sich von der umgebenden Schlundwand durch einen feinen, von zarten spindelförmigen Zellen umgebenen Spalt ab (vergl. Taf. XI, Fig. 2).

Bei dem Hühnchen vom Ende des fünften Bebrütungstags bestimmte ich die Dicke der vorderen Schlundwand zu 0,7. Der Verbindungsgang zwischen Schilddrüsenanlage und Schlundepithel war durch die stärkere Entwicklung der umgebenden Schlundwand zum Verschwinden gebracht. Die Anlage der Schilddrüse lag wie früher dicht über der Theilung des Kiemenarterienstammes; sie war aber mit letzterer erheblich nach abwärts gerückt und lag dicht über und vor der Communication der Larynxanlage mit der Schlundhöhle. Die Wandung des Schlundes bildete einen nach vorne gerichteten Vorsprung; die Anlage der Schilddrüse war dem entsprechend in der Mitte verengt und stellte einen zwerchsackähnlichen Körper dar mit medianem Isthmus von 0,08 und verdickten Seitenhälften von 0,15 Durchmesser, welche die Anlage des Larynx beiderseits umgaben. Die ganze Länge der Anlage bestimmte ich zu 0,5. Sie war solid und bestand in der Peripherie aus radiär gestellten cylindrischen, im Innern aus cubischen Epithelien. Sie hob sich auch jetzt von der umgebenden Schlundwand scharf ab. Zu beiden Seiten der Anlage waren die 0,14 im Durchmesser haltenden vordersten Kiemenarterien sichtbar, welche unter ihr aus dem Stamm entsprangen; an der lateralen Wand derselben lag das Ganglion nervi vagi als elliptischer, an Ganglienzellen reicher Körper von 0,12 Breite

bei 0,25 Länge, vor diesen ein kleineres, wohl dem Sympathicus medius angehöriges Ganglion [1] (vergl. Taf. XI, Fig. 3).

Bei dem Hühnchen vom Anfang des siebenten Bebrütungstags war die Anlage der Schilddrüse abermals nach abwärts gerückt, denn die Communication des Kehlkopfs mit dem Schlund lag eine Strecke über ihr. Der schmale Isthmus, welcher im vorigen Stadium die beiden Seitenhälften verbunden hatte, war geschwunden; sie stellte in Folge davon einen paarigen, zu beiden Seiten der Trachea liegenden Körper von 0,4 Länge bei 0,25 Dicke dar. Ihr Bau unterschied sich in Nichts von jenem des vorigen Stadiums; die cylindrischen Zellen ihrer Peripherie heben sich auch jetzt von der anliegenden Schlundwand scharf ab. In letzterer waren feine Gefässe sichtbar, welche bis dicht an die Schilddrüsenanlage sich verfolgen liessen, ohne in dieselbe einzudringen. Hinter der Schilddrüse lag jederseits die Carotis, weiter nach aussen die Jugularvene, zwischen beiden das Ganglion nervi vagi und das schon erwähnte kleinere Ganglion vom Sympathicus medius (vergl. Taf. XI, Fig. 4).

Bei dem Hühnchen vom neunten Bebrütungstag war die Schilddrüse etwas nach rückwärts gerückt und lag als paariger Körper von 0,5 Länge bei 0,3 Dicke an der Seitenwand des Oesophagus, dicht vor der Carotis und dem Ganglion nervi vagi. Das umgebende Bindegewebe hatte sich zu einer aus spindelförmigen Zellen bestehenden Kapsel verdichtet, von ihr aus traten gefässführende Fortsätze in das Innere. Durch diese Fortsätze war die im vorigen Stadium gleichförmige Epithelmasse zu einem Netz solider cylindrischer Schläuche von 0,015—0,025 Dicke umgewandelt. Sie bestanden aus einer sehr dünnen Bindegewebshülle und waren im Innern erfüllt von kurzen, cylindrischen, radiär zur Hülle gestellten Epithelien. Die Zwischenräume dieser Schläuche waren ausgefüllt von dünnen Zügen spindelförmiger Zellen, welche zum Theil nachweisbar dünne Gefässe von durchschnittlich 0,01 Durchmesser umgaben.

Bei dem Hühnchen vom zwölften Bebrütungstag lag die Schilddrüse etwas nach aussen von der Carotis, unmittelbar vor dem Ganglion vagi und der Jugularvene. Sie zeigte elliptischen Querschnitt, die beiden Achsen der Ellipse maassen 0,7 und 0,35. Sie besass eine aus spindelförmigen Zellen bestehende Kapsel von 0,02 Dicke, welche eine grössere Anzahl gefässführender Fortsätze an das Innere abgab. Durch

---

1) Dieses Ganglion, das bisweilen in zwei zerfällt, muss ich mit den Nebenschilddrüsen Remak's für identisch halten, von welchen ich sonst keine Spur habe auffinden können.

Digitized by Google

letztere war die Drüsensubstanz in ein Netz cylindrischer Schläuche zerlegt, welche, im Wesentlichen wie im vorigen Stadium beschaffen, nur zahlreicher waren und im Innern ein spaltartiges Lumen von 0,002 erkennen liessen. Stellenweise zeigten diese Schläuche an den Enden leichte Erweiterungen mit davor liegenden Einschnürungen, daneben fand sich eine geringe Zahl isolirter kugeliger Follikel, bestehend aus dünner Membrana propria, auskleidendem cylindrischen Epithel und centraler Höhle von 0,003, deren Durchmesser zwischen 0,012 und 0,02 betrug. Das interstitielle Gewebe war reich an Blutgefässen; den verengten Stellen der Schläuche entsprach eine dichtere Anhäufung seiner theils runden, theils spindelförmigen Zellen.

Damit stimmte der Befund vollkommen überein, welchen die Schilddrüse eines 30 Mm. langen Staarembryo darbot, an welchem eben die Federn im Hervorsprossen begriffen waren. Die Hauptmasse des Organs bestand aus einem Netz cylindrischer Schläuche von 0,014—0,026 Durchmesser, welche an einzelnen Stellen in der Abschnürung zu isolirten Follikeln namentlich an den freien Enden begriffen waren. Auch hier war das interstitielle Gewebe an den verengten Stellen der Schläuche reicher an Zellen als im weiteren Verlauf derselben (vergl. Taf. XI, Fig. 6).

Bei dem Hühnchen vom 16. Bebrütungstag lag die Schilddrüse als paariger ellipsoidischer Körper an der lateralen Wand der Carotis, dicht unterhalb und vor dem Ganglion nervi vagi. Ihre Kapsel war 0,03 dick und hing durch zarte Fortsätze mit dem interstitiellen Gewebe zusammen. Das Drüsengewebe bestand überwiegend aus rings geschlossenen kugeligen Follikeln mit dünner Membrana propria, dieser aufsitzendem einschichtigen, kurzen Cylinderepithel von 0,006—0,008 Höhe und einer scharf begrenzten centralen Höhle von 0,002—0,006. Ihr Durchmesser schwankte zwischen 0,016 und 0,03. Neben ihnen fanden sich cylindrische, zum Theil in Abschnürung begriffene Epithelschläuche von 0,016 Durchmesser in spärlicher Zahl durch die Drüse zerstreut. Das interstitielle Gewebe war reich an Capillaren, an welche sich eine dünne, an Lymphkörpern und spindelförmigen Zellen ziemlich reiche Bindesubstanzhülle anschloss.

Bei dem erwachsenen Huhn ist der Bau der Schilddrüse nur in Hinsicht der Dimensionen der Bestandtheile von jenem des zuletzt geschilderten Entwicklungsstadiums verschieden. Die Drüse wird umgeben von einer bindegewebigen Kapsel. Das eigentliche Parenchym bilden kugelige, rings geschlossene Follikel von 0,04—0,1. Sie bestehen aus einer dünnen Membrana propria, cubischem, in einfacher Schicht dieser aufsitzendem Epithel von 0,004 Seitenlänge und centra-

Digitized by Google

ler Höhle, welche verhältnissmässig selten Gallertmassen enthält. Das interstitielle Gewebe tritt gegen die Masse des Drüsenparenchyms sehr zurück. Es besteht aus lockeren Zügen fibrillären Bindegewebes, welches die Blutgefässe umscheidet. Letztere bilden in ihrem capillaren Abschnitt auf der Membrana propria der Follikel ein ziemlich regelmässiges Netz von 0,05 Maschenweite.

Aus der Classe der Säugethiere untersuchte ich die Schilddrüse des Schweins, Schafs, Hundes und des Menschen.

Das früheste Entwicklungsstadium beobachtete ich bei Schweinsembryonen von 18 Mm. Länge. Die Schilddrüse stellte einen 0,4 breiten, in der Mitte 0,07 dicken, gegen die Seitenränder etwas sich verdünnenden unpaaren Körper dar, welcher in Form eines wenig gebogenen Kreisabschnitts an der vorderen Fläche der Trachea dicht oberhalb des Aortenbogens lag. Sie bestand aus einer Anhäufung kernhaltiger Zellen, welche in der Peripherie die Gestalt kurzer Cylinderepithelien von 0,006 Länge bei 0,004 Breite, im Innern cubische Form zeigten. Diese Zellen waren zu cylindrischen Schläuchen von sehr ungleicher Länge und zwischen 0,01 und 0,03 wechselnder Dicke gruppirt. Zwischen denselben war in der Mitte der Drüse eine Gefässanlage von 0,01 Durchmesser, ausserdem ein lockeres Netz spindelförmiger und netzförmig verzweigter Zellen wahrzunehmen. Bei keinem der drei Embryonen, welche ich der Untersuchung opferte, war eine Trennung der Drüse in zwei Lappen zu constatiren.

Bei Schweinsembryonen von 24 Mm. Länge zeigte die Schilddrüse auf Querschnitten eine Breite von 1 Mm. bei 0,15 Mm. Dicke. Letztere war auch jetzt in der Mitte am beträchtlichsten und nahm nach beiden Seiten hin ab. Die Drüse lag der Vorderfläche der Trachea in deren Mitte dicht an und bestand aus einem lockeren Netz cylindrischer Schläuche, welche hinsichtlich ihrer Dimensionen grössere Regelmässigkeit als im vorigen Stadium zeigten. Ihr Durchmesser betrug im Mittel 0,016, sie bestanden aus radiär gestellten Cylinderepithelien von 0,006 —0,008 Länge bei 0,004—0,005 Dicke. Die Mehrzahl entbehrte im Innern eines deutlichen Lumen; die Epithelschicht wurde von einer dünnen Bindesubstanzhülle umgeben. Die Interstitien der Schläuche waren erfüllt von Gefässen, vorwiegend Capillaren von durchschnittlich 0,01 Durchmesser; sie besassen eine dünne Adventitia spindelförmiger und netzförmiger Zellen.

Bei Schweinsembryonen von 9 Centimeter Länge war die Schilddrüse als braunrother ellipsoidischer Körper vor der Mitte der Trachea gelagert. Sie besass eine aus spindelförmigen Zellen bestehende Kapsel, von welcher aus gefässhaltige Fortsätze in das Innere sich erstreckten,

Digitized by Google

das Parenchym in eine Anzahl von Läppchen von durchschnittlich 0,5 theilend. Die Läppchen bestanden aus einem lockeren Netz cylindrischer, an den Enden hie und da mit Anschwellungen versehener Schläuche von 0,01—0,02 Durchmesser mit dünner Membrana propria, dieser aufsitzendem Epithel und eben wahrnehmbarem centralen Lumen. Dazwischen fanden sich in spärlicher Zahl aus der Continuität der Schläuche ringsum abgesonderte Follikel von 0,016—0,026 Durchmesser, bestehend aus Membrana propria, einschichtigem Cylinderepithel und centraler Höhle. Das interstitielle Gewebe bestand aus ungleich weiten, im Caliber zwischen 0,0035 und 0,016 schwankenden Capillaren, welche von einem lockeren Netz vorwiegend aus spindelförmigen Zellen bestehender Bindesubstanz locker umscheidet wurden.

Bei Schweinsembryonen von 12 Centimeter Länge bestand die Hauptmasse der Drüsensubstanz aus isolirten Follikeln. Ihre Gestalt war überwiegend kugelig, seltener ellipsoidisch oder unregelmässig verzogen, ihr Durchmesser schwankte zwischen 0,012 und 0,03. Sie bestanden aus dünner Membrana propria, einschichtigem flachen Cylinderepithel von 0,006 Höhe mit rundem Kern von 0,0045 und scharf begrenzter centraler Höhle. Neben diesen Follikeln und zum Theil noch mit ihnen zusammenhängend fanden sich cylindrische Schläuche von 0,01—0,02 Durchmesser. Sie unterschieden sich in nichts von den früher vorhandenen, standen jedoch an Zahl gegen jene der abgeschnürten Follikel erheblich zurück. Die Zwischenräume der Drüsensubstanz wurden von Gefässen mit lockerer Bindesubstanzhülle ausgefüllt, sie traten gegen das Volum derselben bereits zurück.

Bei Schweinsembryonen von 18 Centimeter Länge, von welchen ich eine grössere Zahl im injicirten Zustande untersuchte, bestanden die Läppchen der Schilddrüse fast ausschliesslich aus gesonderten kugeligen Follikeln. Ihr Durchmesser schwankte zwischen 0,016 und 0,06. Sie bestanden aus dünner Membrana propria, einer einfachen Lage cylindrischen Epithels und scharf begrenzter centraler Höhle. Neben den Follikeln fanden sich, etwas häufiger in der Peripherie als im Centrum der einzelnen Läppchen, cylindrische mit demselben Epithel wie die Follikel ausgekleidete Schläuche von durchschnittlich 0,016 Dicke mit fast verschwindendem Lumen. Sie waren zum Theil in der Abschnürung zu Follikeln noch begriffen, wie sich aus localen Erweiterungen und diesen entsprechenden Verengerungen schliessen liess. Die Bindesubstanz in den Interstitien der Follikel erwies sich gebildet von sehr zarten Fibrillen, welche in lockeren Netzen die Blutgefässe umspannen; daneben fanden sich zahlreiche spindelförmige Zellen und namentlich in der Adventitia der Arterien Lymphkörper. Das Gefäss-

Digitized by Google

system bestand in seinem capillaren Abschnitt aus ungleich weiten, zwischen 0,003 und 0,015 schwankenden Röhren mit theils homogener, blasser, theils sehr fein granulirter und in Carmin noch sich imbibirender Wandung. Sie besassen in derselben elliptische, mit Carmin lebhaft roth sich imbibirende Kerne und in spärlicherer Zahl ungemein blasse, verästelte Zellen, deren Fortsätze auf der Capillarwand ein feines, lockeres Netz bildeten. Stellenweise fanden sich die Kerne in den Capillarwänden an Stellen, wo sehr dünne Zweige abgingen, etwas dichter gestellt als im übrigen Verlauf, namentlich in der Umgebung der kleinsten Follikel; ich schliesse daraus, dass die Absonderung der Follikel aus den schlauchförmigen Anlagen durch eine Sprossenbildung der Gefässe und ihrer bindegewebigen Adventitien vermittelt wird (vergl. Taf. X, Fig. 9).

Vom Schaf untersuchte ich zwei Embryonen von 20 Mm. Länge. Bei beiden bildete die Schilddrüse einen dicht unterhalb der Anlage des Larynx liegenden Halbring, welcher die vordere und die beiden Seitenflächen der Trachea umgab. Sie bestand aus einem dünnen Isthmus und dicken seitlichen Hälften. Die Drüsensubstanz wurde durchweg gebildet von einem lockeren Netz im Mittel 0,016 dicker, cylindrischer Schläuche mit dünner Bindesubstanzhülle, kurzem Cylinderepithel und kaum wahrnehmbarem Lumen.

Bei Schafembryonen von 6 und 12 Centimeter Länge bestand die Drüse, deren Isthmus dicht unterhalb des Kehlkopfs lag, während die Hörner längs der Seitenflächen des letzteren nach aussen und oben sich erstreckten, wie früher aus einem Netz cylindrischer, mit Epithel ausgekleideter Schläuche, deren Durchmesser zwischen 0,017 und 0,024 schwankte. Sie waren namentlich an den Enden mit Auftreibungen und vor denselben mit leichten Verengerungen versehen. Das interstitielle Gewebe führte verhältnissmässig weite Capillaren, deren Durchmesser zwischen 0,006 und 0,02 schwankte (vergl. Taf. XI, Fig. 7).

Bei Schafembryonen von 16 Centimeter Länge bildeten lockere Netze cylindrischer, epithelführender Schläuche wie früher den Hauptbestandtheil der Drüse; neben ihnen fanden sich mässig zahlreiche isolirte Follikel mit unbedeutendem centralen Lumen. Letztere bildeten erst bei Embryonen von 24 Centimeter Länge den vorwiegenden Bestandtheil; ihre Dimensionen waren noch gering, zwischen 0,016 und 0,03 Mm. sich haltend; sie standen zum Theil mit schlauchförmigen Anlagen noch im Zusammenhang.

Bei dem Embryo des Hundes von 15 Mm. Länge (seit der letzten Begattung 30 Tage alt) bildete die Anlage der Schilddrüse gleichfalls einen die Trachea vorne und an den Seiten umgebenden Halbring mit

Digitized by Google

medianem Isthmus von 0,08 und seitlichen Hälften von 0,2 Dicke. Sie bestand aus einem Netz an Dicke und Länge sehr ungleich beschaffener Epithelanhäufungen, welche in der Peripherie von kurzen radiär gestellten Cylinderepithelien, im Centrum von cubischen Zellen gebildet wurden. In den Zwischenräumen fanden sich einzelne Gefässanlagen von 0,008 Durchmesser und um letztere dünne Lagen spindelförmiger Zellen (vergl. Taf. XI, Fig. 5).

Von menschlichen Embryonen hatte ich Gelegenheit Zwillinge von 24 Mm. Länge zu untersuchen, deren Mutter dem Phosphorismus erlegen war. Die Schilddrüse umgab bei beiden als ein Halbring dicht unterhalb des Larynx die vordere und die beiden Seitenflächen der Anlage der Trachea, in welcher noch kein Knorpel differenzirt war; sie bestand aus einem schmalen Isthmus und dickeren, mit diesem zusammenhängenden seitlichen Lappen. Das Drüsengewebe wurde gebildet von einem lockeren Netz durchschnittlich 0,014 dicker, cylindrischer Schläuche, bestehend aus einer zarten Bindesubstanzhülle und dieser aufsitzendem flach cylindrischen Epithel von 0,006 Höhe bei 0,0045 Dicke. In den Interstitien der Schläuche fanden sich zarte Gefässanlagen mit einer dünnen, vorwiegend aus spindelförmigen Zellen bestehenden Adventitia. Die Befunde beider Embryonen stimmten sowohl unter sich als mit jenen der gleichaltrigen Embryonen des Schafs und Schweins vollständig überein. Daraus folgt, dass die Angaben, welche Arnold und Rathke über das erste Auftreten der Schilddrüse bei Säugethieren gemacht haben, nicht haltbar sind, denn die Schilddrüse findet sich bei diesen schon in einem vorgeschrittenen Entwicklungsstadium, wenn die Knorpelringe in der Trachea noch zu differenziren sind. Die Angabe Kölliker's, dass die Schilddrüse beim Menschen in der 7.—8. Woche doppelt vorhanden sei und aus kleinen Follikeln bestehe, stehe ich nicht an, für eine Erfindung zu erklären.

Bei dem menschlichen Embryo vom 5. Monat fand ich die Drüse bereits in Läppchen von 0,1 Dicke abgetheilt. Das Drüsengewebe bestand aus einem lockeren Netz drüsiger Schläuche von 0,014—0,024 Durchmesser, deren Bau von jenem des früheren Entwicklungsstadiums in Nichts abwich. Neben diesen Schläuchen fanden sich abgesonderte Follikel. Ihre Gestalt wechselte von der kugeligen zur ellipsoidischen und unregelmässig verzogenen, der Durchmesser schwankte zwischen 0,014 und 0,04. Sie bestanden alle aus einer dünnen Membrana propria, einschichtigem, dieser aufsitzenden Cylinderepithel von 0,006 : 0,0045 mit rundem Kern und scharf begrenzter centraler Höhle. Das interstitielle Gewebe bestand aus Blutgefässen, welche von fibrillärer Bindesubstanz in lockeren Zügen umscheidet wurden.

Digitized by Google

Bei dem Neugeborenen fand ich die Läppchen der Drüse durchschnittlich 0,5 dick. Die Drüsensubstanz setzte sich zusammen aus cylindrischen Schläuchen von derselben Beschaffenheit wie früher und aus abgesonderten Follikeln. Ihr Durchmesser schwankte zwischen 0,015 und 0,15, ihre Gestalt war ebenso wechselnd wie früher, der Bau derselbe. Das interstitielle Gewebe bestand, von den Arterien und Venen abgesehen, aus Capillaren von durchschnittlich 0,01 Weite mit dünner bindegewebiger Adventitia; sie bildeten auf der Wandung der grösseren Follikel bereits ein rhombisches Maschennetz.

Bei dem dreijährigen Menschen fand ich die Follikel grösser und zahlreicher, die Menge der schlauchförmigen Drüsenanlagen geringer; die Follikel auch jetzt an Grösse und Gestalt höchst ungleich. Ich schliesse daraus, dass auch an ausgebildeten Follikeln durch Hereinwachsen von Sprossen des Gefässblatts in dieser Zeit Abschnürungen zu Stande kommen.

Die Veränderungen, welche vom dritten Lebensjahr bis zur Pubertät an der Schilddrüse vor sich gehen, lassen sich dahin zusammenfassen, dass die Zahl der embryonalen Drüsenanlagen immer geringer wird und die Follikel durch die Anhäufung von Secret, welches grosse Neigung zur Eindickung zeigt, an Umfang zunehmen und der Kugelform zustreben. Der Bau der letzteren verändert sich dabei nicht wesentlich, sie bestehen aus einer dünnen Membrana propria mit aufliegendem Capillarnetz, einschichtigem, ihrer Innenfläche anliegenden Cylinderepithel von 0,006 Höhe bei 0,005 Dicke und scharf begrenzter centraler Höhle. Die Angaben Virchow's, welcher das Epithel in den Follikeln der Schilddrüse läugnet und letztere aus soliden Anhäufungen, den Lymphkörpern ähnlicher Zellen bestehen lässt, zeugen von so geringer Sorgfalt, dass ich auf eine Widerlegung derselben verzichte.

Ich ziehe aus den voranstehenden Beobachtungen folgende Schlüsse. Die Schilddrüse entwickelt sich bei allen Wirbelthieren nach demselben Plan in drei wohl charakterisirten Stadien: einem Stadium der Abschnürung der stets unpaaren Anlage vom Schlundepithel, einem Stadium der Bildung netzförmiger Drüsenschläuche durch Betheiligung des Gefässblatts und einem Stadium der Follikelbildung.

Den Ausgangspunkt der Entwicklung suche ich in einem ähnlichen mechanischen Momente, wie es für die erste Anlage der Hypophysis maassgebend ist, und zwar in einer festeren Adhärenz des Schlundepithels an der Theilungsstelle des primitiven Kiemenarterienstamms. Indem letzterer mit dem Herz in sehr früher Zeit durch die stärkere Entwicklung der umgebenden Theile nach rückwärts gedrängt wird, zieht er das anhaftende Stück des Schlundepithels zu einem rundlichen

Digitized by Google

Fortsatz aus, welcher etwas nach abwärts gerichtet ist und mit der Schlundhöhle in der Medianlinie durch eine Anfangs geräumige Oeffnung communicirt. Dieser Fortsatz wird von den Ursprüngen der Kiemenarterien in der Art eingefasst, dass das vorderste Paar vor ihm, das mittlere zu seinen beiden Seiten und das dritte an seiner hinteren Fläche verläuft, und erhält frühzeitig von deren Adventitien einen dünnen, aus spindelförmigen Zellen bestehenden Ueberzug. In Folge der frühzeitigen Involution der beiden vordersten Kiemenarterien kommt dieser Fortsatz des Schlundepithels dicht vor der Abgangsstelle der vordersten bleibenden Kiemenarterien zu liegen, mit welcher er durch seinen dünnen bindegewebigen Ueberzug zusammenhängt. Der Involution der beiden vordersten Kiemenarterien geht eine Verdickung der beiden vordersten Kiemenbogen parallel. Indem sie auf die Copula übergreift, wird die Oeffnung, durch welche der die Schilddrüsenanlage darstellende Epithelfortsatz mit der Schlundhöhle communicirte, zu einem Gang verengt, welcher rasch sich verschmälert und dem völligen Schwund anheimfällt.

Noch während die Abschnürung im Gange ist, verdickt sich die Epithelauskleidung der Schilddrüsenanlage durch Vermehrung ihrer Zellen, dadurch wird das Lumen verengt und wenigstens bei den höheren Wirbelthierclassen vollständig ausgefüllt. Sie stellt in Folge dessen zur Zeit der vollendeten Abschnürung einen bei letzteren soliden, bei den Fischen (Selachiern) mit schmalem centralen Lumen und dicker Epithelwand versehenen unpaaren Körper dar, welcher in der Mittellinie der vorderen Schlundwand zwischen Copula des zweiten Schlundbogen (dem zukünftigen Körper des Zungenbeins) und Ende des Kiemenarterienstamms seine Lagerung hat.

Die nächsten Schicksale dieses Körpers sind bei den einzelnen Wirbelthierclassen verschieden.

Bei den Cyklostomen und Fischen behält derselbe, entsprechend der Permanenz der Kiemenarterien, seine ursprüngliche Lagerung definitiv bei, kann aber weiterhin in Folge einer unverhältnissmässigen Entwicklung des interstitiellen Gewebes in eine Anzahl isolirter Gruppen aufgelöst werden, welche constante Lagerungsbeziehungen zum Kiemenarterienstamm zeigen.

Unter den Amphibien wird bei den Batrachiern die unpaare, aus einer soliden Anhäufung stark pigmentirter Epithelien bestehende Anlage der Schilddrüse durch die Entwicklung eines dreikantigen Fortsatzes am hinteren Ende der knorpeligen Anlage des Zungenbeins, welcher später schwindet und an den Zungenbeinkiel der Urodelen erinnert, in der Mittellinie verschmälert und alsbald in zwei symme-

Digitized by Google

trische, zu beiden Seiten dieses Fortsatzes liegende Hälften getheilt. Nach erfolgter Theilung werden beide Hälften von Gefässsprossen mit ihren bindegewebigen Adventitien erreicht und durchwachsen; gleichzeitig erfolgt die Lösung der Adhärenz zwischen Drüsenanlage und vorderstem Kiemenarterienpaar. Diesem Umstande schreibe ich es zu, dass späterhin die Drüse dem Rückzug der grossen Gefässstämme gegen den Thoraxraum nicht folgt, sondern als paariges Organ an der medialen Fläche der Cornua thyreoidea des Zungenbeins nahe dem Kehlkopf liegen bleibt. Die analoge Lagerung der Drüse bei den Urodelen, wie sie für Perennibranchiaten und Derotremen durch die Untersuchungen von J. G. Fischer[1]) nachgewiesen, bei den Salamandrinen durch Präparation leicht zu constatiren ist, lässt schliessen, dass bei sämmtlichen Amphibien die Trennung der ursprünglich unpaaren Schilddrüse in zwei symmetrische Hälften aus derselben Ursache sich ableitet.

Bei allen höheren Wirbelthieren folgt die Anlage der Schilddrüse dem Ursprung des vordersten bleibenden Kiemenarterienpaars auf seinem Rückzug in den Thorax eine verschieden weite Strecke und entfernt sich dadurch von ihrer ursprünglichen Lagerung an der hinteren Fläche des Zungenbeins. Ich vermag den Grund nicht anzugeben, auf welchem die Verschiedenheit der Strecke beruht, welche die Schilddrüsenanlage zurücklegt, vermuthe aber, dass sie bei den Reptilien und Säugethieren früher von Gefässsprossen erreicht und die Adhärenz an den vordersten Kiemenarterien gelöst wird als bei den Vögeln. Bei den Reptilien bleibt die Anlage der Drüse während der Wanderung unpaar, nur bei den Sauriern erhält sie zweilappige Gestalt durch Verschmälerung des Mittelstücks. Bei den Vögeln wird sie, während sie über der Anlage des Larynx nach abwärts rückt, erst in der Mitte verschmälert und alsbald in Folge der raschen Vergrösserung des letzteren in zwei Theile getrennt; sie folgen dem Rückzug der grossen Gefässe und behalten ihre Lagerung nahe der Ursprungstelle der beiden Carotiden definitiv bei. Bei den Säugethieren folgt die Anlage der Schilddrüse den Gefässen nur bis unterhalb der Anlage des Kehlkopfs; sie bleibt bei einer grossen Zahl unpaar, erfährt aber bei vielen durch die Vergrösserung der Trachea eine mediane Verschmälerung, welche bis zur vollständigen Trennung in zwei seitliche Hälften fortschreiten kann.

Während dieser Ortsveränderungen behält die Anlage der Schilddrüse ihre ursprüngliche Beschaffenheit bei und besteht demnach aus einem dünnen Ueberzug spindelförmiger Zellen und einer centralen

1) Anatomische Abhandlungen über die Perennibranchiaten und Derotremen. Hamburg 1864.

Digitized by Google

Epithelmasse, deren peripherische Zellen senkrecht zur Fläche des Ueberzugs stehen. Erst nachdem sie in der Nähe ihrer definitiven Stätte angelangt ist, tritt das zweite Entwicklungsstadium ein. Dieses wird charakterisirt durch das Vordringen von Gefässsprossen mit den zugehörigen Bindegewebsadventitien von der Kapsel gegen das Innere der Anlage, wodurch die in letzterer befindlichen Epithelmassen in ein Anfangs unregelmässiges, bald regelmässigere Formen annehmendes Netz cylindrischer Schläuche gesondert werden, welche aus einer dünnen Bindesubstanzhülle und einschichtigem, dieser aufsitzenden Epithel bestehen. Stets verlängern sich dabei die Epithelien da, wo sie mit den Abkömmlingen des Gefässblatts in Berührung kommen, und stellen sich mit ihrer Längsachse senkrecht zur Fläche der umgebenden Hülle. Bei dem Frosch behalten die Epithelien zunächst ihre Pigmentirung bei und unterscheiden sich dadurch auf den ersten Blick von den pigmentarmen Gewebszügen, welche dem Gefässblatt angehören. In ähnlicher Weise lassen sich bei den übrigen Wirbelthieren die protoplasmareichen Zellen des Epithels durch die Imbibitionsmethode von den viel protoplasmaärmeren des interstitiellen Gewebes sondern. Es geht daraus hervor, dass bei diesen abgeschnürten Drüsen von einer Entwicklung von Epithelien aus Elementen des Gefässblatts resp. der Bindesubstanz ebensowenig die Rede sein kann wie bei der Entwicklung der aus dem Hornblatt resp. Darmdrüsenblatt direct hervorgehenden.

Die Schilddrüse bleibt auf dem zweiten Entwicklungsstadium so lange stehen, bis die Schläuche durch Verlängerung und Sprossenbildung bis zu einem gewissen Grade sich vermehrt haben, was bei verschiedenen Thieren ungleiche Zeiträume beansprucht. Erst wenn das Lumen im Innern der Schläuche deutlicher sich ausprägt, beginnt die Sonderung einzelner Abschnitte durch zwischen wachsende Fortsätze des Gefässblatts und damit das dritte Stadium, jenes der Follikelbildung. Es durchläuft demnach die Schilddrüse analoge Metamorphosen ihres specifischen Parenchyms, wie sie durch die sorgfältigen Untersuchungen Pflüger's [1]) und Waldeyer's [2]) für die specifischen Elemente des Ovarium feststehen. Während aber im letzteren Fall die Ursache für die Entwicklung der einzelnen Follikel klar zu Tage liegt, indem eine zur Eizelle sich differenzirende Epithelzelle den Ausgangspunkt für die Sonderung der einzelnen Abschnitte bildet, ist die Ursache der analogen Metamorphose der netzförmigen Schläuche der Schilddrüse zur Zeit räthselhaft. Es lässt sich bei der Gleichartigkeit des Epithels

1) Ueber die Eierstöcke der Säugethiere und des Menschen. Leipzig 1862.
2) Eierstock und Ei. Leipzig 1869.

Digitized by Google

nur vermuthen, dass bestimmte in dem Secret auftretende Stoffe es sind, welche zur Ursache werden, dass das anliegende Gefässblatt mit der zugehörigen Bindesubstanz die zusammenhängenden Schläuche in einzelne Räume sondert, welche eine möglichst grosse Oberfläche für den Diffusionsstrom zwischen Inhalt und umspinnenden Blut- und Lymphbahnen darbieten. Wir wissen über diese Stoffe sowie über die Function der Schilddrüse bis jetzt so gut wie nichts; ich komme aber im Gegensatz zu His zu der Ueberzeugung, dass ein Organ, welches durch die sämmtlichen Wirbelthierclassen unverändert sich vererbt hat und wenigstens bei den Säugethieren von verschiedenen Seiten her in so ausgiebiger Weise mit strömendem Blute versorgt wird, im Laufe der successiven Vervollkommnung der Organismen nicht entbehrlich geworden sein kann. Es wird Aufgabe der Physiologie sein, durch eine Vergleichung der aus der Schilddrüse abfliessenden Lymphe mit der Lymphe anderer Organe und mit dem die Gefässe durchströmenden Blut namentlich in Bezug auf die in beiden enthaltenen Eiweissmodificationen und sogenannten Extractivstoffe den ganz willkürlichen Speculationen über die Function der Schilddrüse ein Ende zu machen, welche, wie der von Liebermeister veröffentlichte Versuch, als völlig aus der Luft gegriffen bezeichnet werden müssen.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel X.

Fig. 9. Schnitt durch die Schilddrüse eines Schweinsembryo von 18 Centimeter. *a* Follikel. *b* Schlauchförmige Drüsenanlage. *c* Interstitielles Gewebe.

Tafel XI.

Fig. 1. Sagittaler Schnitt durch Kopf und Hals eines Hühnchenembryo vom dritten Bebrütungstag. *a* Gehörbläschen. *b* Erster Kiemenbogen. *c* Schilddrüsenanlage. *d* Kiemenarterienstamm.

Fig. 2. Derselbe Schnitt von einem 4 Tage alten Hühnchenembryo. *a* Erster Kiemenbogen. *b* Kiemenarterienstamm. *c* Anlage der Schilddrüse mit ihrem in Atrophie begriffenen Ausführungsgang.

Fig. 3. Querschnitt des Halses eines Hühnchenembryo vom fünften Bebrütungstag. *a* Pharynx. *b* Aditus laryngis. *c* Vorderste Kiemenarterie (Carotis). *d* Ganglion nervi vagi. *e* Ein zweites, vor diesem liegendes Ganglion, wohl dem Sympathicus medius angehörend. *f* Anlage der Schilddrüse.

Fig. 4. Querschnitt des Halses eines Hühnchenembryo vom Anfang des siebenten Bebrütungstags. *a* Oesophagus. *b* Trachea. *c* Carotis. *d* Ganglion vagi.

Digitized by Google

e Vena jugularis. *f* Ganglion sympathici. *g* Paarige Anlage der Schilddrüse.

Fig. 5. Querschnitt der vorderen Hälfte des Halses eines Hundeembryo von 15 Mm. Länge (seit der letzten Begattung 30 Tage alt). *a* Oesophagus. *b* Trachea. *c* Carotis. *d* Nervus vagus. *e* Vena jugularis. *f* Anlage des Musculus sternothyreoideus. *g* Anlage der Schilddrüse.

Fig. 6. Schnitt durch die Schilddrüse eines 30 Mm. langen Staarembryo. *a* Schlauchförmige Drüsenanlagen. *b* Follikel. *c* Interstitielles Gewebe.

Fig. 7. Schnitt durch die Schilddrüse eines Schafembryo von 6 Centimeter. *a* Schlauchförmige Drüsenanlagen. *b* In der Bildung begriffene Follikel. *c* Interstitielles Gewebe mit den Blutgefässen.

Tafel XII.

Fig. 3. Querschnitt einer Froschlarve von 5 Mm. im Niveau der Schilddrüsenanlage. *a* Gehirn mit der Anlage des inneren Ohrs. *b* Chorda. *c* Schlundhöhle. *d* Anlage der Schilddrüse. *e* Fortsatz der Haut am Boden der Mundhöhle.

Fig. 4. Sagittaler Schnitt durch eine Larve von gleicher Länge. *a* Chorda. *b* Schlundepithel. *c* Anlage der Schilddrüse. *d* Herz. *e* Kiemenarterienstamm.

Fig. 5. Querschnitt einer Larve von Rana temporaria von 6 Mm. Länge. *a* Gehirn. *b* Chorda. *c* Schlundhöhle. *d* Anlage der Schilddrüse, durch einen dünnen Ausführungsgang mit dem Schlundepithel noch zusammenhängend.

Fig. 6. Querschnitt einer Froschlarve von 8 Mm. *a* Gehirn mit der Anlage des inneren Ohrs. *b* Chorda. *c* Schlundhöhle. *d* Die vom Schlund vollkommen abgeschnürte Anlage der Schilddrüse.

Fig. 7. Querschnitt einer Larve von 11 Mm. *a* Gehirn. *b* Chorda. *c* Schlundhöhle. *d* Dreieckiger Fortsatz des Zungenbeinkörpers. *e* Anlage der Schilddrüse, einen zwerchsackähnlichen, stark pigmentirten Körper bildend.

Fig. 8. Längsschnitt einer Larve von 11 Mm. *a* Unterkiefer. *b* Zungenbein, bei *c* dessen dreikantiger Fortsatz. *d* Anlage der Schilddrüse. *e* Kiemenarterienstamm. *f* Herz. *g* Darmschlingen. *h* Aditus laryngis, links davon der Durchschnitt des rechten Bronchus.

Fig. 9. Querschnitt des Zungenbeins und der Schilddrüsenanlage einer Larve von Rana temporaria von 20 Mm. Länge. *a* Knorpeliger Fortsatz des Zungenbeins. *b* Schilddrüse im Stadium der schlauchförmigen Drüsenanlagen. *c* Muskeln.

Fig. 10. Derselbe Schnitt von einer Larve von 25 Mm. *a* Fortsatz des Zungenbeinkörpers. *b* Schilddrüse im Stadium der Follikelbildung. *c* Muskeln.

Fig. 11. Querschnitt der Schilddrüse und ihrer Umgebungen von einem jungen Exemplar der Rana temporaria, welches vor kurzem den Schwanz verloren hat. *a* Processus thyreoideus des Zungenbeins. *b* Schilddrüse. *c* Muskeln. *d* Aeussere Haut.

5. Zwei Fälle von angeborenem Adenom der Schilddrüse.

Die beiden nachstehenden Fälle von angeborenem Adenom der Schilddrüse verdanke ich der Liberalität meines Collegen Professor Frankenhäuser, in dessen Praxis sie zur Beobachtung gekommen sind.

1) S., während der Geburt verstorbenes Mädchen. Section 134 vom 28. December 1866. Kräftig entwickeltes Kind mit starker Vorkopfgeschwulst an der linken Seite des Hinterhaupts. Cyanose der Lippen. Starke Füllung der Jugularvenen. Beide Lungen luftleer, blauroth, der Wirbelsäule platt anliegend, nur die rechte an einzelnen inselförmigen Stellen lufthaltig. Im Rachen und der Trachea grünlichgelbe meconiumhaltige Flüssigkeit; letztere in der Mitte von beiden Seiten her verengt. Beide Schilddrüsenhörner vom Umfang je eines mässigen Hühnereis, fester Consistenz, braunrother Farbe, körniger Beschaffenheit der Schnittfläche. In allen übrigen Körperorganen ausser den Folgen der Venenstauung keine bemerkenswerthen Veränderungen.

2) P., während der Geburt verstorbener Knabe. Section 92 vom 25. Mai 1870. Ausgetragenes Kind. Gesicht cyanotisch. Hals beiderseits durch eine unter der Haut liegende Geschwulst vorgebuchtet. An Thorax und Abdomen äusserlich nichts Bemerkenswerthes. Enorme Füllung der Venen der Pia mater von dunklem Blut; ebenso der Jugularvenen in der oberen Hälfte des Halses. Umfangreiche doppelseitige Geschwulst der Schilddrüse von dunkel braunrother Farbe, fester Consistenz und drüsig-körnigem Bau. Lungen nur unvollkommen lufthaltig. Beide Herzventrikel leicht vergrössert, Klappen intact. Die übrigen Organe ausser den Erscheinungen venöser Hyperämie nichts Abnormes bietend.

Die Dimensionen der seitlichen Lappen der Schilddrüse waren im ersteren Fall: Höhe 3,5, Breite 3, Dicke 2,5 Centimeter; im letzteren ergeben die entsprechenden Maasse: 4 resp. 3,5 und 2,5 Cent. Form und Lage des Organs entsprachen in beiden Fällen dem normalen Verhalten. Der Bau stimmte mit jenem überein, welchen die Schilddrüse des Neugeborenen gewöhnlich darbietet. Von der bindegewebigen Kapsel aus erstreckten sich gefässhaltige Fortsätze in das Innere, durch welche das Parenchym in eine grosse Zahl von rhomboidischen Läppchen abgetheilt wurde. Diese Läppchen setzten sich zu ziemlich gleichen Theilen zusammen aus Drüsensubstanz und interstitiellem Gewebe. Erstere bestand zum grösseren Theil aus einem lockeren Netz cylindrischer, an den Enden hie und da mit leichten Auftreibungen versehener Schläuche von 0,014 — 0,03 Durchmesser. Sie bestanden aus

einer zarten Bindesubstanzhülle und dieser aufsitzendem kurzen Cylinderepithel von 0,007 Länge bei 0,005 Dicke mit rundem Kern von 0,0035—0,0045. Die Epithelien liessen an der Mehrzahl der Schläuche in der Mitte ein schmales, scharf begrenztes Lumen frei. Zum kleineren Theil bestand die Drüsensubstanz aus abgesonderten Follikeln. Ihre Gestalt war sehr ungleich, von der kugeligen und ellipsoidischen bis zur unregelmässig verzogenen wechselnd; ihr Durchmesser schwankte zwischen 0,016 und 0,04. Sie bestanden wie die schlauchförmigen Anlagen aus einer dünnen Membrana propria, flachem cylindrischen, in einfacher Schicht dieser aufsitzendem Epithel und scharf begrenzter centraler Höhle. Das interstitielle Gewebe setzte sich zusammen aus den Gefässen und der die letzteren umscheidenden Bindesubstanz. Die Gefässe waren in ihrem capillaren Abschnitt erheblich erweitert, im Mittel 0,016 im Durchmesser, von 0,01 bis 0,024 schwankend. Ihr Bau liess ausser stellenweise vorhandenen Schwankungen im Caliber und dadurch bedingtem varikösen Aussehen keine Abweichung vom gewöhnlichen Verhalten wahrnehmen. Die umscheidende Bindesubstanz bestand aus einem lockeren Netz dünner Fibrillen mit zwischenliegenden spindelförmigen Zellen und spärlichen Lymphkörpern; sie lag den Capillaren dicht an und erfüllte die schmalen Zwischenräume derselben.

Da weder die interstitielle Bindesubstanz noch die Binnenräume des Drüsengewebes Abweichungen von dem in der normalen Schilddrüse des Neugeborenen gewöhnlichen Befund darboten, so ist die Annahme einer auf acutem Oedem der Bindesubstanz oder stärkerer Füllung der Drüsenräume bedingten Schwellung der Drüse im Sinne Bednar's für beide vorliegende Fälle unstatthaft. Der Befund nöthigt vielmehr zu der Annahme, dass eine das normale Maass weit überschreitende Vermehrung der Drüsenanlagen und eine entsprechende vermehrte Sprossenbildung des Gefässblattes zu der beträchtlichen Vergrösserung des Organs den Anlass gegeben hat. Letztere beruhte mithin in beiden Fällen auf ächter Adenombildung[1]. In Bezug auf die Aetiologie des ersteren Falls wurde eine Recherche durch die kurz nach der Entbindung erfolgte Abreise der Mutter verhindert. In dem zweiten Fall ergab sich, dass nicht nur die Eltern der Mutter mit Kropf behaftet sind, sondern dass auch die in den zwanziger Jahren stehende, erst vor Kurzem aus der Umgegend von Tübingen in das Saalthal ein-

1) Ich vermeide die Bezeichnung Struma, in welcher ich nichts als einen für die Praxis vorläufig noch nützlichen Collectivnamen für Anschwellungen der Schilddrüse sehe, welche ihrem Wesen nach ganz differenten Geschwulstformen angehören können.

Digitized by Google

gewanderte Mutter einen nicht unbedeutenden Kropf besitzt. Dies lässt auf die Wahrscheinlichkeit schliessen, dass die Ursache der Kropfbildung von der Mutter auf das Kind übertragen worden ist.

---

6. Zwei Fälle von Epithelioma cylindrocellulare der Schilddrüse nebst Bemerkungen zur Theorie der Epitheliombildung.

Die Herkunft der specifischen Elemente in den Epitheliomen ist zur Zeit Gegenstand einer Controverse.

Nach der einen Ansicht erfolgt die Epitheliombildung stets im Anschluss an präexistirende Epithelien. Die Vertreter dieser Ansicht führen zu deren Begründung an: 1) dass die Entwicklung der neugebildeten Epithelien kein Gegenstand der unmittelbaren Beobachtung sei, dass man daher nur unter Zuhülfenahme von Analogien Schlüsse über die Art ihrer Entwicklung aus dem mikroskopischen Befund ziehen könne (C. Thiersch[1]); 2) dass man bei der Untersuchung von Epitheliomen an den Stellen, an welchen der Process in frischer Entwicklung begriffen sei, den Zusammenhang der neugebildeten Epithelien mit den ursprünglich vorhandenen constatiren könne (Hannover[2]), Remak[3]), Thiersch, Waldeyer[4]); 3) dass man bei Anwendung geeigneter Untersuchungsmethoden die epithelialen Elemente in den Epitheliomen eben so scharf von den Elementen der gefässführenden Bindesubstanz trennen könne wie bei der embryonalen Entwicklung der aus dem oberen oder unteren Keimblatt sich hervorbildenden Drüsen, ohne dass dabei ein Uebergang von Bindegewebszellen in Epithelien und umgekehrt sich erweisen lasse; 4) dass die Epitheliombildung als primäre Erkrankung wohl den Haut- und Schleimhauttexturen, nicht aber den serösen Häuten zukomme, deren Epithelien gleich jenen des Urogenitalsystems einen andern Stammbaum hätten als die Haut- und Schleimhautepithelien (C. Thiersch); 5) dass das Auftreten von Epitheliomen und verwandten Geschwülsten an Stellen, welche unter normalen Verhältnissen kein Epithel führen, sich ableiten lasse von Epithelialgebil-

---

1) Der Epithelkrebs, namentlich der Haut. Leipzig 1865.
2) Das Epithelioma. Leipzig 1852.
3) Deutsche Klinik 1854. p. 170.
4) Archiv für pathologische Anatomie 1869. Bd. 41.

den, welche abnormen Wachsthumsvorgängen während der Embryonalzeit ihre Lagerung verdanken (Remak).

Von diesen Gründen sind die drei ersten weitaus die wichtigsten. Der vierte würde nur in dem Fall für die Epitheliombildung volle Verwerthung finden können, wenn für das Epithel aller Organe, in welchen Epitheliombildung bis jetzt beobachtet ist, die Abstammung aus dem oberen oder unteren Keimblatt nachgewiesen wäre. Dieser Nachweis ist für die epithelialen Elemente des Urogenitalsystems bis jetzt nicht geführt, dieses System liefert aber Epitheliome von demselben Bau, wie sie auf der äusseren Haut oder der Digestionsschleimhaut gefunden werden. Der fünfte Grund ist überhaupt schwer zur Evidenz zu bringen, obwohl seine Berücksichtigung in geeigneten Fällen unerlässlich ist.

C. Thiersch, welcher als der Hauptvertreter dieser Ansicht betrachtet werden kann, geht noch einen Schritt weiter, indem er eine Theorie der Epitheliombildung zu geben versucht. Nach ihm ist der Ausgangspunkt der Epitheliombildung zunächst in dem Epithel, aber nicht in diesem allein, eine vermehrte Production von Epithel könne an und für sich niemals Epithelkrebs erzeugen. Eine Veränderung des Stroma müsse dieser Production von Epithel den Weg bahnen, der Widerstand, welchen das Stroma dem Andringen des Epithels leiste, müsse vermindert sein, sonst lasse sich das rasche Eindringen nicht erklären. Thiersch glaubt, dass in einer vorgerückten Altersperiode die Wachsthumsvorgänge der epithelialen Ueberzüge mancher Orte energischer von statten gehen als diejenigen des Stroma und sucht in dieser Störung des Gleichgewichts zwischen gefässhaltigem Stroma und Epithel die senile Disposition für den Epithelkrebs.

Die zweite Ansicht hat ihren Hauptvertreter in Virchow [1]). Nach ihm lassen sich die epidermoidalen Gebilde bezüglich ihrer Herkunft in drei Gruppen scheiden: 1) die gewöhnliche Epidermis mit ihren Fortsätzen in die Haarbälge und Hautdrüsen, sowie die epidermoidalen Ueberzüge gewisser Canäle und Schleimhäute (des Mundes, des äusseren Ohrs); 2) durch Umbildung aus Drüsenzellen entstandene epidermoidale Zellen: Thymus, Milchdrüse, Hode; 3) aus Bindegewebe hervorgegangene epidermoidale Zellen: Cankroid, Cholesteatom. Zur Begründung der letzteren Angabe führt Virchow eine Beobachtung von Cholesteatom in der Pia mater an, welche sich bei einem 34jährigen Tuberculösen am Pons fand. Ueber den Umfang der Geschwulst findet sich so wenig eine Angabe als eine Erörterung der Gründe, aus wel-

1) Archiv für pathologische Anatomie. VIII. p. 414.

chen Virchow ein Wachsthum derselben noch in der letzten Lebenszeit des Kranken annimmt; es wird nur angeführt, dass derselbe zu keiner Zeit des Lebens Erscheinungen von Seite des Nervensystems dargeboten habe.

In der Geschwulst fanden sich ausser grösseren auch kleinere Perlknoten und drüsige, den Windungen von Schweissdrüsen ähnliche Schläuche. Für die ersteren gelang es Virchow, eine continuirliche Reihe von Entwicklungsstadien bis zu einfachen, rundlichen, leicht granulirten Zellen mit Kern und Kernkörperchen herzustellen, indem er auf Grund von Essigsäurepräparaten Zellengruppen von verschiedenen Dimensionen zu einer Entwicklungsreihe verwerthet. Ebenso werden die Drüsenschläuche für ausgewachsene Zellen erklärt und dafür in Fig. 11 eine naturgetreue Abbildung geliefert, in welcher die rechts unten befindlichen Gebilde für proliferirende Bindegewebskörper erklärt werden, welche in der Umwandlung zu den Epithelien des Cholesteatom begriffen seien.

Man sollte erwarten, dass zur Begründung einer so weittragenden Angabe das Gefässsystem durch Injection sichtbar gemacht, dass ferner durch die Methode der successiven Schnitte oder durch Hebung und Senkung des Tubus der Beweis wenigstens versucht worden wäre, dass die in Fig. 11 abgebildeten Zellengruppen nicht Querschnitten von drüsigen Schläuchen entsprachen. Von alle dem findet sich Nichts. Bei dieser Sachlage kann ich der Beweisführung Virchow's ebensowenig Gewicht beilegen, als den auf gleich unvollkommene Untersuchungsmethoden sich gründenden Angaben Förster's [1]), welcher gleich Virchow die eigenthümlichen Zellen des Epithelioms aus den zelligen Elementen der Bindesubstanz hervorgehen lässt.

Durch den Nachweis von Epitheliombildung in einem Organ, welches normal keine aus dem oberen oder unteren Keimblatt ableitbaren Epithelien führt, haben Eberth [2]) und Arndt [3]) die Angaben Virchow's zu stützen versucht.

Eberth beschreibt ziemlich verbreitete flache Verdickungen der weichen Gehirnhäute und der Gefässscheiden im Gehirn einer 47jährigen Frau, welche etwa $1\frac{1}{2}$ Jahre die Erscheinungen des Blödsinns dargeboten hatte. Er bezeichnet die Veränderung in der Ueberschrift als Epitheliom (Cholesteatom), um in der Abhandlung selbst zu erklären, dass an den verdickten Stellen weder geschichtete Epithelien noch Cholestearinablagerungen sich vorfanden. Es lässt sich nicht einsehen,

1) Die genaueren Literaturangaben siehe bei Thiersch, Epithelkrebs.

2) Archiv für pathologische Anatomie Bd. 49 p. 51.

3) Ebendaselbst Bd. 51. p. 495.

Digitized by Google

warum dann die Neubildung als Cholesteatom bezeichnet wird. Sieht man sich überdies die Beschreibung und die Abbildungen näher an, so ergiebt sich, dass hier ein bei der fibrösen Leptomeningitis der Irren nichts weniger als seltener Befund vorgelegen hat, welcher mit Epitheliombildung nicht das Geringste zu thun hat und Jedem bekannt ist, der sich einigermaassen mit den Veränderungen der Hirnhäute und Hirngefässe von Irren beschäftigt hat. Ich besitze eine ganze Reihe von Präparaten, welche theils mit Hülfe der Goldchlorid- oder Silberimprägnation, theils mit Hülfe der Carminfärbung aus den Gehirnen verschiedener Individuen dargestellt sind, welche in der hiesigen Irrenanstalt an fibröser Leptomeningitis mit granulirtem Ependym und Hydrocephalus gestorben sind. Sie geben nicht nur in der Arachnoidea und Pia, sondern auch in den Scheiden der Hirngefässe die, wie ich anerkenne, völlig wahrheitsgetreuen Bilder selbst bis auf Einzelheiten genau wieder, welche Eberth seiner Abhandlung beigegeben hat. Die Veränderung geht in allen diesen Fällen von der Adventitia der Gefässe aus, welche mit Zellen sich infiltrirt, welche theils mit Lymphkörpern übereinstimmen, theils grösser, protoplasmareich und mehrkernig sind. In der Peripherie zeigen diese Zellen eine grosse Neigung, nach Art embryonaler Endothelien zu cubischen oder regelmässig polygonalen Gebilden sich zu gestalten und diese Neigung trifft zusammen mit einer in der Pia stärker, im Innern des Gehirns weniger ausgeprägten Production zottenartiger Sprossen von Seite der verdickten Gefässadventitien. Zwischen den Zellenanhäufungen finden sich nicht selten kleine Hämatoidinkrystalle und theils runde, theils etwas in die Länge gezogene, bisweilen etwas gewundene Gehirnamyloide. Mit Epitheliombildung hat der Process nicht den geringsten Zusammenhang, dagegen hat er sein Analogon in den Zottenbildungen, welche an der Oberfläche der Leber oder der Milz im Verlauf chronischer Hyperämien dieser Organe zur Entwicklung kommen.

Mit dem Nachweis, dass die Angaben Eberth's auf einem Irrthum beruhen, verliert die Beobachtung Arndt's, der sich auf Eberth beruft, ihre Bedeutung für die Lehre von der Epitheliombildung. Es handelt sich in diesem Fall um eine wallnussgrosse Geschwulst der Pia mater von papillärer Beschaffenheit, welche in dem Raum zwischen den Hirnstielen, der Brücke und dem hinteren Abschnitt des Infundibulum eines 26jährigen Dienstmädchens sich fand. Ueber die Erscheinungen während des Lebens wird nichts mitgetheilt, ebensowenig über die Beschaffenheit des Gehirnabschnitts, welcher über der Geschwulst lag. Letztere muss ihren Sitz gerade unterhalb der Corpora candicantia am Ende der Basilararterie gehabt haben. Die Geschwulst bestand im Wesentlichen

aus gefässführenden und gefässlosen Papillen, welche von Epithel überzogen waren. Ob dies Epithelien oder Endothelien waren, lässt sich mit Sicherheit aus der Beschreibung und Abbildung nicht entnehmen, die Figuren *g* und *k* entsprechen nicht den Riffzellen, wie die Epidermis sie führt. Die Behauptung Arndt's, dass diese Zellen aus freien Kernen der Gefässwand sich entwickelt haben, spricht für ihre endotheliale Natur. Drei Möglichkeiten liegen für die Entwicklung der Geschwulst vor. 1) Die Pia führt zwischen dem Ende der Basilararterie und dem Processus infundibuli einen Plexus kleiner Arterien, das Ependym am Boden des hinteren Abschnittes des Infundibulum ist namentlich zwischen beiden Corp. candic. äusserst dünn, so dass das Ventrikelepithel, ein unzweifelhafter Abkömmling des oberen Keimblatts, der Pia fast unmittelbar aufsitzt. Hat man Veranlassung, eine grössere Anzahl von Gehirnen auf die Beschaffenheit der Zwischenhirnbasis zu untersuchen, wozu mich die Untersuchung über die Entwicklung des Infundibulum nöthigte, so findet man in einzelnen Fällen ähnliche Abschnürungen des an der Hirnbasis zwischen den Corp. candic. liegenden Ventrikelabschnitts, wie sie am Hinterhorn häufig sind. Wird die abgeschnürte Stelle Sitz pathologischer Plexusbildung, so können die Zotten nach Durchbrechung der dünnen Wand in den Subarachnoidealraum gelangen. 2) Die Stelle der Pia, von welcher nach der Angabe Arndt's die Geschwulst ausgegangen ist, entspricht dem Ende des ursprünglichen mittleren Schädelbalken. Bildet sich frühzeitig eine Adhäsion zwischen ihm und der anliegenden Pia, so kann ein umschriebenes Stück der letzteren zugleich mit dem überliegenden Ependym während der Umwandlung des mittleren Schädelbalken in die Scheide der Basilararterie ausgezogen und abgeschnürt werden. Wird dieses Stück später Sitz von Papillenbildung, so kann eine Geschwulst von der Beschaffenheit der beschriebenen zur Entwicklung gelangen. 3) Von den Gefässadventitien der Pia aus kann die Bildung zottenartiger Sprossen in Geschwulstform erfolgen, die Endothelien, welche die Zotten umgeben, können in den Vertiefungen in ähnlicher Weise zu concentrischen Lagen sich gruppiren wie die Epithelien eines Epithelioms. Die Erörterung dieser Möglichkeiten konnte Arndt nicht umgehen, wenn ihm die einfachsten Thatsachen aus der Entwicklungsgeschichte der Zwischenhirnbasis und die Arbeiten von Remak und Thiersch bekannt waren. Angesichts der geringen Vorsicht des Verfassers, von welcher die Unterlassung dieser Erörterung nicht das einzige Beispiel ist[1]), kann ich ihm nicht beistimmen, wenn derselbe

1) Auf S. 500 werden freie Kerne in dem subadventitialen Lymphraum für Lymphkörperchen, resp. weisse Blutkörperchen erklärt!

Digitized by Google

seine Angaben für geeignet hält, um die Entwicklung von Epithelien aus Elementen des Gefässblatts zu erweisen.

Es ist endlich einer dritten Ansicht zu erwähnen, nach welcher die specifischen Elemente bei dem Hautkrebs von den Endothelien der Lymphgefässe abstammen sollen [1]. Diese Ansicht wird hier nicht weiter erörtert werden; in einer besonderen Abhandlung werde ich den directen Beweis liefern, dass die Gründe, welche für dieselbe vorgebracht werden, für das Epitheliom nicht verwerthbar sind.

Ich komme auf Grund der voranstehenden Prüfung der verschiedenen Ansichten zu dem Schluss, dass bis jetzt die Vertreter der Ansicht, nach welcher Epitheliombildung stets im Anschluss an präexistirende Epithelien erfolgt und das gefässhaltige Bindegewebe an der Production dieser Neubildung nur in der Weise sich betheiligt wie bei der Entwicklung der aus dem oberen oder unteren Keimblatt abstammenden Drüsen, die besseren Gründe vorzubringen im Stande sind. Komme ich in dieser Hinsicht zu demselben Schluss wie Hannover, Remak und Thiersch, so halte ich es andrerseits für eine Uebertreibung, wenn Waldeyer [2]) den Ausgangspunkt auch für die Carcinome in den Epithelialgebilden des Körpers sucht. Die methodische Untersuchung der Neubildungen, welche seit Errichtung des hiesigen pathologischen Instituts zur Beobachtung gekommen sind, hat mich zu der Ueberzeugung geführt, dass Carcinome und Epitheliome zwei grundverschiedene Neubildungen sind, in deren Auffassung aber sehr wohl ein Schritt nach vorwärts versucht werden kann. Meiner Ansicht nach sind beide Processe Infectionskrankheiten, bedingt durch die Einwirkung eines Virus, welches mit einer geeigneten Körperstelle in Contact kommen muss. Ueber die Natur dieses Virus weiss ich nichts, nur so viel schliesse ich aus dem Umstand, dass es in wirksamer Weise zu tief liegenden, nur dem Blutstrom zugänglichen Organen zu gelangen vermag, dass es, wenn eine feste Substanz, in äusserst feiner Vertheilung sich befinden muss. Das Virus zeigt in beiden Fällen eine analoge Beziehung zu den zelligen Elementen des betroffenen Organs wie die Spermatozoiden zu den entsprechenden Eiern, indem es dieselben zu einer der embryonalen entsprechenden Vermehrung veranlasst. Das Virus, welches dem Carcinom zu Grunde liegt, ist aber dadurch von dem die Epitheliombildung hervorrufenden wesentlich verschieden, dass es gleich dem Virus der Syphilis durch eine specifische Beziehung

---

1) Karl Küster, die Entwicklung der Carcinome und Sarcome. Würzburg 1869.

2) Archiv für pathologische Anatomie. 1869. Bd. 44.

Digitized by Google

zu den zelligen Elementen der Bindesubstanz des Körpers ausgezeichnet ist, während das Virus, dessen Einwirkung Epitheliombildung im Gefolge hat, eine specifische Beziehung zu den Epithelialgebilden des Körpers besitzt. Von der letzteren Neubildung hat man nach dem anatomischen Befund zwei Formen unterschieden, die eine charakterisirt durch die vorwiegende oder ausschliessliche Production von pflasterförmigen, die andre durch eine solche von cylindrischen Epithelien, welche man als Epithelioma pavimentocellulare und cylindrocellulare bezeichnen kann. Ich halte es nicht für nothwendig, dass jeder eine besondere Modification des eigenthümlichen Virus zu Grunde liegt. Die Entwicklung jedes Epithelioms ist meiner Ueberzeugung nach das Product aus der Einwirkung des Virus und aus den besonderen Eigenschaften der Epithelien der betroffenen Körperstelle. Die cylindrischen Epithelien der Darmschleimhaut und des Uterus, sowie der Mehrzahl der aus dem unteren Keimblatt sich hervorbildenden Drüsen liefern in Folge der Infection Neubildungen mit cylindrischem Epithel, welche wie in den beiden sogleich zu beschreibenden Fällen durch besondere Anordnung ihre Abstammung aus einem ganz bestimmten Organ verrathen können. Die Abkömmlinge des Hornblatts und die Epithelialgebilde des Larynx, Oesophagus und der Vagina liefern Neubildungen, deren specifische[1]) Zellen durch Neigung zur Abplattung und Verhornung mit jenen des Mutterbodens übereinstimmen. Mit Max Schultze stimme ich darin überein, dass die Fähigkeit der Zellen, sich zu vermehren, durch deren Protoplasmareichthum wesentlich bestimmt wird. Dem entsprechend suche ich den Angriffspunkt des Virus bei den mit geschichtetem Pflasterepithel überzogenen Körpertheilen in dessen unterster, aus cylindrischen Zellen bestehender Schicht und deren Verlängerungen zu drüsigen Gebilden, während an den mit cylindrischem Epithel überzogenen Organen eine zur Einwirkung des Virus geeignete Zellenschicht frei zu Tage liegt. In dem einen wie in dem andern Fall halte ich es für wahrscheinlich, dass grösserer Protoplasmareichthum der Epithelien in Folge vorangegangener Hyperämien die Wirksamkeit des übertragenen Virus wenn nicht bedingt, so doch begünstigt. Durch diese Annahme erkläre ich mir die Häufigkeit, mit welcher das Epitheliom der äusseren Decken an Stellen auftritt, welche bereits pathologische Veränderungen erfahren haben, durch diese Annahme erkläre ich mir aber ferner im Gegensatz zu Thiersch die mit den Jahren zu-

---

1) Der Ausdruck specifisch wird hier nicht im morphologischen, sondern im physiologischen Sinn gebraucht. Die Zellen eines Epithelioms sind nur specifisch, insofern sie Träger des Virus sind, welches der Epitheliombildung zu Grunde liegt.

Digitized by Google

nehmende Häufigkeit des Epithelioms, denn Veränderungen der äusseren Decken, sowie chronische Katarrhe innerer Organe, namentlich des Oesophagus, Magens, Uterus und mithin die die Infection begünstigenden Momente werden mit zunehmendem Alter erfahrungsgemäss häufiger. Die Entwicklung der Epitheliome nach erfolgter Infection geschieht meinen Beobachtungen nach im Wesentlichen übereinstimmend mit der Entwicklung der Drüsen aus dem Hornblatt und Darmdrüsenblatt, indem der Vermehrung der Epithelien eine Sprossenbildung der anliegenden Gefässe und ein grösserer Zellenreichthum ihrer bindegewebigen Adventitien folgt. Durch den letzteren Process und nicht wie Thiersch annimmt durch eine senile Involution erfolgt meiner Ansicht nach die zum Eindringen der Neubildung in unterliegende Theile erforderliche Lockerung der Consistenz. Es findet demnach bei der Entwicklung der Epitheliome das Umgekehrte statt von dem, was bei der Entwicklung der syphilitischen Condylome und der zottenförmigen Exkrescenzen über einem Carcinom sich ereignet. In jenem Falle ist der Ausgangspunkt der Neubildung das Epithel, das Gefässblatt betheiligt sich secundär, was nicht hindert, dass die Betheiligung wie bei den papillären und zottigen Formen des Epitheliom eine luxuriirende werden kann. In den letzteren beiden Fällen ist der Ausgangspunkt der Neubildung das Bindegewebe, die anliegenden Epithelien betheiligen sich secundär, was wieder namentlich bei den Condylomen eine sehr ausgesprochene Betheiligung nicht ausschliesst.

Das Wachsthum der Epitheliome erfolgt meinen Beobachtungen nach ausser durch Vergrösserung der ursprünglichen Infectionsstelle durch fortschreitende Infection der Nachbarschaft, ihre Vervielfältigung hauptsächlich, wenn nicht ausschliesslich durch Transplantation entwicklungsfähiger Keime (Küss, Thiersch). Ausser den beiden nachstehenden Fällen, deren Eigenthümlichkeiten nur durch die Annahme ungezwungen sich erklären lassen, dass entwicklungsfähige Keime von dem ursprünglichen Neubildungsheerde aus verschleppt worden sind, werden in dem nächsten Heft dieser Beobachtungen Fälle veröffentlicht werden, welche gar keine andere Erklärung der Vervielfältigung zulassen und in welchen die Verschleppung zum Theil direct sich hat nachweisen lassen. Die Transplantation kann erfolgen sowohl durch den Lymph- als durch den Blutstrom. Ein von dem Mutterboden losgerissenes und unter den äusserst günstigen Bedingungen, welche diese Flüssigkeiten gewähren, transplantirtes Geschwulsttheilchen verhält sich meiner Ueberzeugung nach, wenn es an seiner definitiven Lagerungsstätte in einer Lymphdrüse oder einem entfernten Bezirk des Lymph- oder Blutgefässsystems angelangt ist, ganz ähnlich wie die

Digitized by Google

Anlage der Hypophysis oder Schilddrüse, so lange das Gefässblatt an der Entwicklung dieser Organe sich nicht betheiligt hat, oder wie ein durch Contagion mit den entsprechenden Spermatozoiden befruchtetes Ei, welches an einer Stelle der Oberfläche des Peritonäum zur Entwicklung gelangt. In allen diesen Fällen liegt eine in der Vermehrung begriffene Gruppe von Epithelzellen vor, welche das Gefässblatt an der Stelle, mit welcher sie in Berührung kommt, zur Sprossenbildung veranlasst und in den ersteren beiden Fällen von diesen Sprossen durchwachsen wird. Mit dieser Annahme steht in Einklang, dass man bei der Injection von Lebern, welche von Epitheliomknoten in grösserer Zahl durchsetzt sind, die kleinsten mikroskopischen Knoten bei vollkommen gelungener Injection der Umgebung zum Theil in gefässlosem Zustande antrifft.

Die folgenden beiden Fälle sind, so viel ich aus der mir zugänglichen Literatur[1]) entnehmen kann, die ersten Beobachtungen über das Vorkommen von Epithelioma cylindrocellulare in der Schilddrüse neben altem Kropf; sie bieten sowohl hinsichtlich des Baues der Neubildung als hinsichtlich ihrer Verbreitung im Körper Eigenthümlichkeiten, welche für die Theorie der Epitheliombildung von hohem Interesse sind.

1) K., Therese, 42 Jahr, Schmiedsfrau aus Geroda, wurde den 2. März 1868 wegen umfangreicher Geschwülste verschiedener Knochen in die Klinik des Herrn Geh. Hofrath Ried aufgenommen. Die Anamnese ergiebt, dass Patientin von gesunden Eltern abstammt und früher nie krank gewesen ist. Vor sechs Jahren bekam sie Schmerzen im rechten Schulterblatt, namentlich bei Bewegung mit leichterer Ermüdung. Seit drei Jahren hat sich eine Geschwulst auf der Höhe des Scheitels entwickelt, welche, stets rundliche Form zeigend, im Laufe des nächsten Jahres zur Grösse einer Wallnuss, im Laufe des Jahres 1867 zu Apfelgrösse heranwuchs, seitdem rascher sich vergrössert hat. Vor einem Jahre bemerkte die Kranke, dass die rechte Schultergegend angeschwollen sei, wodurch die Abduction des Oberarms etwas erschwert wurde. Seit 1/4 Jahr am Jochfortsatz des linken Schläfenbeins eine allmälig sich vergrössernde Geschwulst, die bis zu Hühnereigrösse herangewachsen ist. Seit einem halben Jahr schon nach leichter Arbeit Mattigkeit in den Beinen, hie und da Taubheit und Ameisenkriechen, verminderte tactile Sensibilität. Seit sechs Wochen Lähmung der unteren Extre-

1) Der von Gabrilow (Förster) in den Würzburger Verhandlungen beschriebene Fall von Epithelioma pavimentocellulare der Schilddrüse ist sicher vom Oesophagus ausgegangen, ein Beweis für die primäre Entwicklung in der Schilddrüse von Gabrilow nicht einmal versucht.

by Google

mitäten, rasche Abnahme der Sensibilität, Incontinenz des Urins, Retardation des Stuhls. Die Sensibilitätsstörungen betreffen die unteren Extremitäten und den Rumpf bis zur Höhe der zweiten Rippe gleichmässig auf beiden Seiten, zugleich auf beide Arme, in welchen die Kranke das Gefühl von Schwäche wahrnahm, so dass sie die einzelnen Gegenstände nicht mehr sicher und fest zu halten vermochte und die tactile Sensibilität sich verminderte, zugleich Abmagerung der Vorderarme und Hände, rechts mehr als links. In letzterer Zeit starke reissende Schmerzen in den unteren Extremitäten mit unwillkürlichen spastischen Contractionen verschiedener Muskelgruppen. Appetit allmälig vermindert.

Status praesens: ergiebt ausser den angeführten Geschwülsten doppelseitigen Kropf. Beide untere Extremitäten willkürlich nicht beweglich, dagegen fortwährend in unwillkürlichen Contractionen, besonders auf Einwirkung äusserer Reize. Elektrische Sensibilität an den oberen Extremitäten nur wenig, an den unteren sehr abgeschwächt; in gleicher Weise verhält es sich mit der elektrischen Motilität.

7. März Respirationsnoth. Blutige Sputa. Abends 10 Uhr Tod. Section 23 vom 8. März 1868. Mittelgrosse Leiche, kräftiger Bau, mässige Abmagerung. Auf der Mitte des Scheitels eine rundliche Geschwulst unter der unversehrten, stellenweise mit ihr verwachsenen Haut. Nach Abpräpariren der letzteren kommt eine Geschwulst von 9 Centimeter Durchmesser bei 7 Centimeter Höhe zum Vorschein, welche beide Scheitelbeine in der Mittellinie durchsetzt. Ihre Farbe ist allenthalben grauröthlich, die Consistenz theils mässig fest, theils fast zerfliessend weich, die Schnittfläche feinkörnig und mattglänzend. Eine zweite hühnereigrosse Geschwulst unter der Haut der linken Schläfe dicht vor dem Ohr, welche nach Abziehen der Haut als dem Jochfortsatz des Schläfenbeins entsprungen sich erweist. Dura mater mit dem Schädel fest verwachsen; ihre Innenfläche glatt und glänzend. Flache Vorwölbung derselben in der Mitte der Sagittalnaht, im Umfang eines Zweithalerstücks; die prominirende Stelle von zahlreichen erweiterten Gefässen durchzogen. Die Vorwölbung wird bedingt durch den die beiden Parietalbeine durchsetzenden Tumor, mit welchem die Dura locker verwachsen ist. Nach Abziehen der Dura von der Innenfläche des Schädeldachs kommen zwei weitere flache, die Glastafel wenigstens stellenweise durchbohrende, in der Diploe des inneren und äusseren hinteren Winkels des linken Seitenwandbeins sitzende Tumoren von 1, resp. 3 Centimeter Durchmesser und grauröthlicher Farbe zum Vorschein. Flache Vorwölbung der Dura mater im vorderen äusseren Umfang der linken mittleren Schädelgrube; nach Abziehen derselben zeigt

sich ein flacher, die Glastafel durchbohrender grauröthlicher, weicher Tumor von 4 Centimeter Flächendurchmesser, welcher in der vorderen Partie des Schläfenbeins seinen Sitz hat und in den Jochbogen sich erstreckt, von der Wurzel des letzteren aus gegen die äussere Haut vorragend. Arachnoidealräume des Gehirns fast leer von Flüssigkeit. Beträchtliche Füllung der Venen der Pia mater. Hirnwindungen besonders in den Occipitallappen abgeflacht; die linksseitigen Parietalwindungen neben der Mittellinie im Umfang eines Thalers flach unter das Niveau der Umgebung vertieft, ihre Structur anscheinend unverändert. Gehirn anämisch, Seitenventrikel eng, klare Flüssigkeit enthaltend. Der linke Sphenoidallappen nahe der Spitze eine leichte Depression in seiner unteren Fläche zeigend. Nach Eröffnung des Rückgrathcanals zeigt sich die Dura spinalis im Bereich des ersten Brustwirbels verbreitert und abgeflacht; nach Herausnahme derselben kommt ein gegen ihre vordere Fläche andrängender, den Körper des ersten Brustwirbels substituirender, grauröthlicher, flach höckeriger Tumor zum Vorschein, welcher die Rindensubstanz an der vorderen und hinteren Fläche durchbrochen hat, das Periost vor sich her schiebend. Innenfläche der Dura spinalis allenthalben glatt, Arachnoides und Pia ohne bemerkenswerthe Veränderung. Im Bereich des ersten Dorsalnervenursprungs ist das Rückenmark plattgedrückt und in der Ausdehnung von 1 Centimeter, breiig weich, grauröthlich, fleckig, graue und weisse Substanz nicht unterscheidbar. Dorsaltheil des Rückenmarks dünn, Lendenanschwellung deutlich. Das Lendenmark fest, die graue Substanz bleich, die weisse etwas fleckig und je höher nach oben um so deutlicher über die Schnittfläche der Pia überwallend. An dem Ueberwallen betheiligen sich am stärksten die Seitenstränge, wenig die vorderen, gar nicht die hinteren.

Umfangreiche Vorwölbung der Haut über dem rechten Schulterblatt. Nach Abziehen derselben zeigt sich die rechte Scapula in eine über mannskopfgrosse, rundliche, weiche Geschwulst verwandelt von grauröthlicher Farbe und körniger Schnittfläche. Deltamuskel mit Ausnahme leichter Verfärbung unverändert, Trapezius an seinem Ansatz mit der Geschwulst verwachsen und enorm verdünnt. Supra- und Infraspinatus nur in einzelnen Rudimenten angedeutet. Von der Scapula selbst ist nur eine kleine Strecke der Spitze, ausserdem die Crista mit dem Acromion und der Processus caracoideus erhalten. Die Gelenkfläche für den Humerus bis auf einige dünne Knochenplättchen geschwunden. Die erste Rippe von ihrem Ursprung an, die zweite und dritte in der Nähe des Winkels rechterseits medianwärts eingebogen, die oberste Partie der rechten Pleurahöhle dadurch mässig verengt.

Digitized by Google

Die Lymphdrüsen in der Umgebung des Tumor, sowie jene der rechten Achselhöhle mässig geschwollen, von blaurother Farbe, homogener Beschaffenheit.

Schilddrüse allgemein vergrössert; Isthmus und linker Lappen im Zustand gewöhnlichen Gallertkropfs, der letztere von vereinzelten gelbweissen fibroiden Bindegewebsmassen durchsetzt. Der rechte Lappen über gänseeigross, flach höckerig, weich, auf dem Durchschnitt grauröthlich, feinkörnig, von analoger Färbung und Beschaffenheit wie die Neubildungen in den verschiedenen Knochen, ohne Gallerteinlagerung. Im Centrum dieses Lappens ein verästelter, fibroider, theilweise verknöcherter Bindegewebsstrang.

Allseitige Synechie der beiderseitigen Pleuren. Hypostatische Pneumonie des linken Unterlappens. Strahlige, sämmtliche Häute durchsetzende Narbe in der Mitte der kleinen Curvatur des Magens. Geringer Katarrh der Nierenbecken. Retroflexion des Uterus.

Die mikroskopische Untersuchung des linken Schilddrüsenlappens ergab eine ziemlich allgemeine Vergrösserung der Follikel. Ihr Durchmesser schwankte zwischen 0,03 und 0,5, im Mittel 0,1 betragend, ihre Gestalt war überwiegend kugelig. Sie waren ausgekleidet von einschichtigem, flachen Cylinderepithel von 0,006 Seitenfläche und enthielten fast ohne Ausnahme im Innern gelblich gefärbte Gallertmassen theils in Form homogener Klumpen, theils in Form zahlloser, 0,008 —0,02 grosser Kugeln, welche durch eine zähe, formlose Kittsubstanz zusammengehalten wurden. In der Gallerte fanden sich vielfach kleine Krystalle von oxalsaurem Kalk, nur sehr vereinzelt von einem Fettkörnchenhof umgebene Zellenreste. Die interstitielle Bindesubstanz zeigte den gewöhnlichen fibrillären Bau, das Gefässsystem keine Abweichung vom normalen Verhalten.

Der in eine grauröthliche, markige Geschwulst verwandelte rechte Lappen war von einer 0,4 dicken bindegewebigen Kapsel umgeben. Sie entsandte die grösseren Gefässe begleitende Fortsätze in das Innere, welche hier zu einem Netzwerk sich auflösten, durch welches das Parenchym in sehr ungleiche rhombische Felder zerlegt wurde. Die Bindesubstanz, welche diese Felder begrenzte, war gleich jener der Kapsel fibrillär und arm an zelligen Elementen; gegen die Mitte zu enthielt sie in reichlicher Menge runde und eckige, glänzende Körnchen eingelagert, welche in Aether unlöslich, in Säuren unter Aufbrausen löslich waren (Kalksalze); in der Mitte selbst war die Bindesubstanz diffus verkalkt.

Die von den Fortsetzungen der Kapsel umgebenen Läppchen bestanden aus zwei verschiedenen Elementen: Epithelialen Gebilden und

Digitized by Google

interstitiellem Gewebe. Die epithelialen Gebilde waren von zweierlei Art: Zum überwiegenden Theil bildeten sie geschlossene Follikel. Ihre Gestalt war sehr ungleich, von der vorwiegenden kugeligen bis zur langgezogenen wechselnd, ebenso verschieden war ihre Grösse, indem der Durchmesser von 0,012—0,5 schwankte. Sie waren umgeben von einer homogenen, dünnen Bindesubstanzhülle, welcher cylindrisches Epithel aufsass. Die Epithelien waren 0,01—0,014 hoch, 0,004—0,006 dick, mit der Basis näher liegendem runden oder ellipsoidischen Kern versehen, sehr protoplasmareich und daher an Imbibitionspräparaten lebhaft roth gefärbt, wodurch sie sich von den blassen, niedrigen Epithelien der Follikel des linken Schilddrüsenlappens auf den ersten Blick unterschieden. An der Mehrzahl der Follikel bildete das Epithel eine einfache Schicht, welche eine centrale, mit farbloser Flüssigkeit, an einzelnen Follikeln mit feinkörnigem Detritus und Hämatoidinkrystallen erfüllte Höhle umschloss. Nirgends war in diesem Lappen Gallerte im Innern der Follikel nachweisbar. Ein kleinerer Theil der Follikel besass geschichtetes Cylinderepithel, welches in dichter Lagerung das Innere vollständig erfüllte; diese Follikel waren von mässiger Grösse und über Gruppen von Läppchen gleichmässig verbreitet, in welchen die Epithelneubildung anscheinend energischer als in den übrigen von statten ging. An beiden Arten von Follikeln liess sich durch Heben und Senken des Tubus die Abgeschlossenheit constatiren (vergl. Fig. 8 auf Taf. XI).

Die zweite Art epithelialer Gebilde bestand aus epithelführenden Schläuchen. Sie waren unregelmässig gewunden und hie und da verästelt; an den Enden zeigten sie theilweise kugelige Auftreibungen. Ihr Durchmesser schwankte zwischen 0,01 und 0,07. Sie setzten sich gleich den Follikeln zusammen aus einer dünnen Bindesubstanzhülle und dieser aufsitzendem cylindrischen Epithel, dessen Zellen langgestreckt und protoplasmareich waren; nur in der Peripherie der Geschwulst fanden sich Schläuche mit niedrigerem cubischen Epithel von 0,006 Seitenlänge zwischen den innersten Bindesubstanzlagen der Kapsel, auch ihre Zellen waren reich an Protoplasma. Das Epithel war an der Mehrzahl der Schläuche einschichtig und liess an den dickeren ein scharf begrenztes centrales Lumen frei, welches farblose Flüssigkeit führte; in den Läppchengruppen mit soliden Follikeln erwies sich auch ein Theil der Schläuche solid und von geschichteten, schmalen, cylindrischen Epithelien ausgefüllt.

Das interstitielle Gewebe der Läppchen bestand überwiegend aus sehr weiten Capillaren von 0,01—0,02 Durchmesser. Sie waren umgeben von netzförmiger Bindesubstanz, bestehend theils aus Fibrillen

Digitized by Google

mit spärlich zwischenliegenden Kernen, theils aus Anhäufungen von Lymphkörpern und spindelförmigen Zellen. Stellenweise zeigte die interstitielle Bindesubstanz grossen Reichthum an Hämatoidin. Die Neubildungen in der Scapula, dem ersten Brustwirbel und den Schädelknochen stimmten in ihrem Bau sowohl unter sich als mit jenen des rechten Schilddrüsenlappens überein. Sämmtliche Geschwülste besassen eine bindegewebige Hülle, von welcher aus gefässführende Fortsätze in das Innere drangen, letzteres in unregelmässige Läppchen zerlegend: nur an der Peripherie der im Knochen enthaltenen Abschnitte der Neubildungen fehlte ein deutlicher Ueberzug und eine Läppchensonderung. Die Geschwülste bestanden wie der rechte Schilddrüsenlappen aus epithelialen Gebilden und interstitiellem Gewebe. Erstere waren auch hier von zweierlei Art: 1) Geschlossene Follikel von überwiegend kugeliger Form, 0,02—0,1 im Durchmesser, aus dünner Bindesubstanzhülle und dieser aufsitzendem cylindrischen Epithel bestehend. Die Zellen des Epithels 0,004—0,006 dick, 0,01—0,014 hoch, protoplasmareich, in einem Theil der Follikel in einfacher Lage, ein centrales, farblose Flüssigkeit enthaltendes Lumen frei lassend, in einem andern Theil geschichtet und das Innere vollständig erfüllend. 2) Epithelführende Schläuche von 0,02—0,06 Durchmesser, cylindrischer Form, unregelmässig gewunden, zum Theil mit seitlichen Sprossen und endständigen Auftreibungen versehen. Sie bestanden gleich den Follikeln aus einer dünnen Bindesubstanzhülle und dieser aufsitzendem cylindrischen, protoplasmareichen Epithel. Diese epithelführenden Schläuche erwiesen sich in sämmtlichen Knochengeschwülsten als der vorwiegende Bestandtheil, waren jedoch allenthalben mit abgeschnürten, rings geschlossenen Follikeln untermischt. Das interstitielle Gewebe bestand auch hier aus Blutgefässen und umscheidender Bindesubstanz. Die Capillaren waren unverhältnissmässig weit, im Mittel 0,02, die umgebende Bindesubstanz fast durchweg reich an Lymphkörpern und spindelförmigen Zellen (vergl. Fig. 9 auf Taf. XI).

In der Mitte der grossen Geschwulst der Scheitelbeine und an den weicheren Stellen der Schultergeschwulst befand sich der Inhalt der grossen rhombischen Läppchen in vorgeschrittenem feinkörnigen Zerfall.

Es schien von besonderem Interesse, an der Peripherie der Knochengeschwülste die Art des Eindringens in die Knochensubstanz zu untersuchen. Zu diesem Zweck zog ich an den nach vorheriger Anwendung von 1 % chromsaurem Kali in Alkohol gehärteten Knochen durch verdünnte Salzsäure die Erdsalze aus, unterwarf die angefertigten Schnitte der Imbibitionsmethode und entzog der Intercellularsubstanz des Knochens durch die Einwirkung von Eisessig den Farbstoff.

Digitized by Google

Es zeigte sich, dass das Eindringen vorwiegend längs der Gefässe stattfand unter Erweiterung der HAVERS'schen Canälchen in der compacten Substanz. An den Stellen, wo diese Erweiterung stattgefunden hatte, zeigte die Oberfläche der Knochensubstanz kleine Ausbuchtungen, welche anliegenden Epithelien der Neubildung oder Zellen des interstitiellen Gewebes entsprachen; längs der Contactstelle erstreckte sich eine roth imbibirte Zone feinkörniger Grundsubstanz im Knochen, welcher der Eisessig den Farbstoff nicht zu entziehen vermochte; sie hob sich scharf von der gelblichen Intercellularsubstanz des übrigen Knochens ab, welcher der Farbstoff entzogen war. Die Knochenkörperchen liessen ihre elliptischen [1]) Kerne in Folge der Imbibition leicht erkennen, sie zeigten sich nirgends vermehrt oder verändert, auch an den Stellen nicht, an welchen sie in unmittelbarer Nähe von Usurlücken innerhalb der roth imbibirten Zone der Intercellularsubstanz lagen.

Ich kann aus diesem Befund nur schliessen, dass der Knochen der andringenden Neubildung gegenüber durchaus passiv und ganz analog sich verhielt wie nach GEGENBAUR's Beobachtungen der Knorpelknochen sich verhält gegenüber den andringenden Osteoblasten bei dem Eintritt der definitiven Knochenbildung. Es ergiebt sich daraus der Schluss, dass protoplasmareiche, in der Vermehrung begriffene Zellen verschiedener Abkunft im Stande sind, die Intercellularsubstanz des Knochens zu zerstören.

Die geschwollenen blaurothen Lymphdrüsen der rechten Achselhöhle zeigten Kapsel und muskelhaltige Trabekeln unverändert. Das Gewebe der Blutgefässscheiden und jenes der Lymphbahn war deutlich zu unterscheiden, die follikelartigen Auftreibungen des ersteren hatten 0,3 — 0,5 im Durchmesser. Die Lymphbahnen um die Follikel waren etwas erweitert, letztere selbst im Centrum lockerer gefügt als in der Peripherie. Sowohl in den Blutgefässscheiden als in den Lymphbahnen fanden sich Lymphkörper vom gewöhnlichen Aussehen. Die Capillaren und Venen der Blutgefässscheiden zeigten sich beträchtlich erweitert, erstere 0,016 im Mittel messend; stellenweise standen die Capillaren so dicht, dass der Bau an jenen capillärer Angiome erinnerte. In keiner der untersuchten Lymphdrüsen konnten Geschwulsttheilchen aufgefunden werden.

---

1) Nach KLEBS (Mediz. Centralblatt 1868. No. 6) sollen die Knochenkörperchen hohl und beim erwachsenen Menschen ohne Kern sein. Schon KARL RUGE hat mit Recht dieser Behauptung widersprochen (Archiv für pathol. Anatomie Bd. 49. p. 237). Durch die hier benutzte Methode ist es so leicht, von der Anwesenheit von Kernen im Innern der Knochenkörper sich zu überzeugen, dass ich die Behauptungen KLEBS' auf sich beruhen lasse.

2) G. Robert, 46 Jahr, Arbeitshäusler aus Jena, wurde nach kurzer poliklinischer Behandlung den 11. November 1868 in die Klinik des Herrn Geh. Hofrath Gerhardt aufgenommen. Die Anamnese ergiebt, dass der Kranke vor etwa fünf Wochen beim Tragen einer schweren Last einen Fall gethan hat, wodurch er sich eine Distorsion des linken Hüftgelenks und einen Bluterguss in der linken Leistengegend zugezogen hat. Er giebt an, seit ungefähr diesem Zeitraum an vermindertem Appetit, Kopfschmerzen, Schlaflosigkeit, Schwäche in den Beinen, Schmerzen in der hinteren Partie der beiden Oberschenkel zu leiden. Er klagt ferner über Schmerzen beim Athmen, welche nahe der Mitte des Halses gegen das Jugulum hin ausstrahlen. Der Status praesens ergiebt eine umfangreiche Struma an der linken Seite des Halses, welche sich vom Zungenbein bis zur linken Supraclaviculargrube erstreckt, die Trachea etwas nach rechts drängend. In der Leistengegend findet sich unterhalb des Poupart'schen Bandes der linken Seite eine flache unverschiebbare Geschwulst, welche sich längs der lateralen Wand des kleinen Beckens in die Tiefe erstreckt. Die Geschwulst ist bei der Untersuchung per rectum, dessen linke Wand etwas einwärts gebuchtet ist, an der Seitenwand des kleinen Beckens gleichfalls fühlbar.

Der Kranke, welcher nach einiger Zeit wieder entlassen wurde, klagte während des Jahres 1869 über Schmerzen im linken Oberschenkel und zunehmende Gebrauchsunfähigkeit der linken unteren Extremität. Die Geschwulst in der linken Leistengegend nahm dabei allmälig an Umfang zu. Im Anfang des Jahres 1870 gesellten sich dazu die Erscheinungen einer linksseitigen Pleuritis, welchen der Kranke den 22. März erlag.

Section 33 vom 23. März 1870. Kräftiger Körperbau. Mässige Abmagerung. In der Mitte und an der linken Seite des Halses eine vom oberen Rand des Schildknorpels bis zum Jugulum reichende verschiebbare Geschwulst. Thorax links etwas erweitert. Abdomen flach. In der linken Weiche eine flache unbewegliche Geschwulst vom Umfang einer Kinderfaust, die Haut darüber verschiebbar. Linke untere Extremität leicht ödematös angeschwollen. In Schädel und Gehirn nichts Abnormes. Glandulae mediastinae anteriores und cervicales inferiores der linken Seite angeschwollen, die Schnittfläche einzelner grauröthlich, blutreich, feinkörnig, weich. Herz etwas nach rechts gedrängt. In der linken Pleurahöhle 4 bis 5 Liter bräunlichgelber, opalisirender Flüssigkeit. Beide Pleuraflächen der linken Seite netzförmige Fibrinbeschläge zeigend, welche an der Lungenpleura auf einer geschichteten, im Zusammenhange von der Lungenoberfläche ablösbaren, ziemlich ge-

Digitized by Google

fässreichen Pseudomembran aufsitzen. Die Lungenpleura nach Abzug der Pseudomembran zahlreiche umschriebene grauweisse Verdichtungen zeigend. Linke Lunge vollkommen frei, ihre hinteren Abschnitte gegen die Wirbelsäule angedrückt, comprimirt luftleer, die vorderen lufthaltig, blutarm. In der rechten Pleurahöhle etwa 500 CC. rothgelber Flüssigkeit. Die rechte Lunge frei, durchaus lufthaltig, ihre hinteren Abschnitte in mässigem Grade ödematös. Oesophagus an der Grenze des oberen und mittleren Drittheils abgeflacht. Die linke Wand der Trachea gegen das Lumen umschrieben vorgebuchtet. Isthmus und rechter Lappen der Schilddrüse atrophisch, ersterer 2 Cent. hoch, 0,5 Cent. dick, letzterer 5 Cent. hoch, 2 breit, 0,75 dick, das Gewebe beider braunroth, derb, die Läppchen ungewöhnlich stark gesondert. Der linke Lappen der Schilddrüse 9 Centimeter hoch, 7 breit, 3,5 dick, aus einer voluminöseren oberen und einer kleineren unteren Geschwulst bestehend. Die obere Geschwulst flach höckerig, ziemlich weich, blutreich, ihre Schnittfläche grauröthlich, feinkörnig, stellenweise der Schnittfläche eines Hoden ähnlich. Die untere Geschwulst von der oberen durch eine derbe fibroide Kapsel getrennt, mehr gegen die Mittellinie zu gelagert, einen kugeligen Kropfknoten von 4 Centimeter Durchmesser darstellend, welcher aus gallertigem Drüsengewebe mit dicken fibroiden Bindegewebszügen und verästelten Knocheneinlagerungen besteht. Herz in seinem rechten Abschnitt leicht erweitert, die Musculatur etwas verdickt, sämmtliche Klappen, sowie die Intima der Aorta unverändert. Eine Anzahl kleiner polypöser Lipome längs der Insertion des Mesenterium am Dünndarm.

In Milz, Leber und Darm nichts Bemerkenswerthes. Leistendrüsen linkerseits vergrössert, die Schnittfläche blutreich, grauröthlich, weich, feinkörnig. Pectineus und Adductor brevis vorgewölbt und verdünnt, ebenso der Iliacus internus und Obturatorius internus, ihre Fasern theils fibroid, theils fettig entartet. Vom linken Sitz und Schambein aus erstreckt sich ein fast mannskopfgrosser Tumor mit flach höckeriger Oberfläche sowohl nach vorne unter die Adductoren des Oberschenkels, als nach hinten und Innen unter den Iliacus internus und Obturatorius internus, die Höhle des kleinen Beckens von der linken Seite her erheblich verengend. Dieser Tumor substituirt das linke Schambein mit Ausnahme einer dünnen Knochenlamelle an der Symphysis ossium pubis und das linke Sitzbein mit Ausnahme der Pfannengegend und des Tuber ossis ischii nahezu vollständig und greift auf das linke Darmbein längs des Beckeneingangs über, seine innere Lamelle eine Strecke weit vorwölbend und hie und da durchbrechend. Der Tumor zeigt weiche Consistenz, beträchtlichen Blutreichthum, auf dem Durchschnitt grau-

röthliche Farbe und feinkörniges Gefüge gleich dem Tumor im linken Schilddrüsenlappen.

Der mikroskopischen Untersuchung wurden unterworfen die Schilddrüse, die Glandulae cervicales und inguinales, und die Geschwulst der Beckenknochen. Die Untersuchung erfolgte nach vorheriger Härtung der Präparate in 1 % chromsaurem Kali und Alkohol unter Anwendung der Imbibitionsmethode.

Der rechte Lappen und der Isthmus der Schilddrüse zeichneten sich durch die ungewöhnliche Breite der die einzelnen Läppchen sondernden Bindegewebszüge aus, deren Durchmesser im Mittel 0,3—0,5 betrug. Die Läppchen selbst bestanden aus Follikeln und ungewöhnlich reichlichem interstitiellen Gewebe. Die Follikel waren durchweg kugelig, 0,02—0,15 im Durchmesser, die Mehrzahl klein, zwischen 0,02 und 0,04 sich haltend, alle mit dünner Membrana propria und einschichtigem, dieser aufsitzenden Epithel versehen. Das Epithel der kleineren war cubisch, von 0,005 Seitenfläche, protoplasmaarm, an den grösseren war es sehr abgeflacht, 0,005 breit bei 0,0015—0,003 Höhe. Die kleineren Follikel enthielten zum Theil farblose Flüssigkeit, die übrigen und sämmtliche grössere homogene, gelbliche Gallertmassen. Das interstitielle Gewebe bestand aus Gefässen und diese umhüllender Bindesubstanz. Erstere waren in ihrem capillaren Abschnitt mässig weit und spärlich, durchschnittlich 0,01 im Durchmesser; die interstitielle Bindesubstanz dagegen war ungemein reichlich entwickelt, theils fibrillär, theils aus dicht gehäuften Lymphkörpern und zwischenliegenden spindelförmigen Zellen bestehend. Der Befund dieses ganzen Lappens erinnerte an jenen einer vorgeschrittenen Lebercirrhose und lässt sich als das Resultat einer Thyreoideitis interstitialis chronica bezeichnen.

Der abgekapselte Kropfknoten im unteren Abschnitt des linken Lappens bot den Befund gewöhnlichen gelatinösen Adenoms. Sämmtliche Follikel waren vergrössert, 0,1—0,5 messend, aus Membrana propria und cubischem Epithel von 0,006 Seitenfläche bestehend, im Innern allenthalben homogene, gelbe Gallertmassen. Das interstitielle Gewebe stellenweise verdickt und mit Kalkkörnchen infiltrirt. In der Mitte des Knotens ächter Bindegewebsknochen.

Der grauröthliche markige Abschnitt des linken Lappens besass einen 0,5—1 Mm. dicken bindegewebigen Ueberzug, welcher Fortsätze an das Innere abgab, letzteres in unregelmässige rhombische Läppchen von 0,4—1,2 Mm. Durchmesser abtheilend. Diese Läppchen bestanden aus Epithelialgebilden und interstitiellem Gewebe. Erstere bildeten theils schlauchförmige, theils zu kugeligen Massen gruppirte Epithel-

Digitized by Google

anhäufungen in ziemlich gleicher Anzahl. Die ersteren waren cylindrisch, 0,02—0,05 dick, gewunden, hie und da mit seitlichen Sprossen und Auftreibungen versehen. Sie besassen eine dünne Bindegewebshülle und Epithelauskleidung. Sie waren in den peripherischen Schichten der Geschwulst von geringer Dicke, das Epithel einschichtig, cubisch, protoplasmareich, in der Mitte ein schmales Lumen frei lassend. Weiter nach Innen wurden sie dicker, das Epithel höher, 0,004 — 0,006 : 0,012 — 0,026, in der Mehrzahl geschichtet und das Lumen vollständig erfüllend. Die kugeligen Massen hatten einen Durchmesser von 0,03—0,15. Sie erwiesen sich bei Hebung und Senkung des Tubus als rings geschlossen und bestanden aus einer dünnen, homogenen Bindesubstanzhülle und dieser aufsitzendem cylindrischen Epithel. Letzteres war in den peripherischen Schichten in einfacher Lage vorhanden, die Follikel im Innern hohl, farblose Flüssigkeit führend. In der Mehrzahl der weiter im Innern liegenden Follikel war das Epithel geschichtet, sehr langgestreckt und erfüllte das Lumen vollständig. Das interstitielle Gewebe bestand aus ziemlich weiten Gefässen, welche in ihrem capillaren Abschnitt 0,01 — 0,024 maassen, und diese umgebender Bindesubstanz. Letztere war zum Theil fibrillär, zum Theil reich an Lymphkörpern und spindelförmigen Zellen.

Die Lymphdrüsen des Halses und der linken Leistengegend waren theils vollständig, theils an umschriebenen Stellen von Epitheliom substituirt. Die Neubildung bestand aus sehr unregelmässigen Läppchen, welche sich aus epithelialen Gebilden und interstitiellem Gewebe zusammensetzten. Erstere waren theils cylindrische Schläuche von 0,02 — 0,05 Durchmesser, unregelmässig gewunden, theils umschriebene kugelige Massen von 0,02—0,08. Sie bestanden alle aus dünner Bindesubstanzhülle und aufsitzendem Epithel; letzteres war theils einschichtig und liess in diesem Fall eine centrale, farblose Flüssigkeit führende Höhle frei, theils geschichtet und das Innere in dichter Aneinanderlagerung erfüllend. In einzelnen der weniger vergrösserten Lymphdrüsen war der Neubildungsprocess auf die Lymphbahnen in der Umgebung der peripherischen Follikel beschränkt, von letzteren aus auf verschieden grosse Strecken der Lymphfollikel selbst übergreifend. Diese Beobachtung lässt sich durch die Annahme erklären, dass hier Stellen vorlagen, in welchen in verhältnissmässig jüngerer Zeit eine Zufuhr entwicklungsfähiger Theilchen durch den Lymphstrom stattgefunden hatte.

Die Neubildung im Sitz- und Schambein war an ihrer Peripherie von einer zum Theil ziemlich dicken bindegewebigen Hülle umgeben. Sie war durch Ausläufer der letzteren in unregelmässig rhomboidische

Digitized by Google

Läppchen von 0,5—0,15 getheilt. Diese setzten sich zusammen aus epithelialen Gebilden und interstitiellem Gewebe. Erstere bestanden aus cylindrischen, gewundenen Schläuchen von 0,02—0,06 Durchmesser und aus ringsgeschlossenen kugeligen Follikeln von 0,03—0,15. Sie stimmten in jeder Beziehung mit den analogen Gebilden des linken Schilddrüsenlappens und der Leistendrüsen überein. Das interstitielle Gewebe führte weite Capillaren von im Mittel 0,016 Durchmesser; sie waren von theils fibrillärer, theils zellenreicher Bindesubstanz umscheidet.

Beide Fälle stimmen darin überein, dass der Ausgangspunkt des Processes bei Lebzeiten des Kranken nicht erkannt worden ist. Dies hat für den nichts Ueberraschendes, welcher weiss, dass Kropf jeder Art und Grösse im Saalthale endemisch ist. Beide Fälle stimmen ferner überein in den Eigenthümlichkeiten, welche die Geschwülste bezüglich ihres Baues und ihrer Verbreitung darbieten. Sowohl in dem ursprünglich betroffenen Organ, der Schilddrüse, als in den metastatisch inficirten Organen zeigen die specifischen Elemente der Neubildung eine Tendenz zur Abschnürung kugeliger follikelähnlicher Massen aus cylindrischen, schlauchförmigen Anlagen, wie sie bei den Epitheliomen anderer Organe, z. B. des Magens und Uterus, in solchem Umfang mindestens ungewöhnlich ist. Ich sehe in dieser Eigenthümlichkeit eine Wiederholung des Processes, welcher bei der normalen Entwicklung der Schilddrüse zur Abschnürung der Follikel aus ihren schlauchförmigen Anlagen führt, und erkläre sie mir aus einer Vererbung der besonderen Eigenschaften, welche den Epithelien der Schilddrüse zukommen, auf ihre Abkömmlinge, welche in Folge der Einwirkung der Ursache, welche der Epitheliombildung zu Grunde liegt, sich entwickelt haben. Bezüglich der Verbreitung zeigen beide Fälle die Eigenthümlichkeit einer metastatischen Infection des Knochensystems, das einemal ohne, das andremal mit gleichzeitiger Infection der Lymphdrüsen. Ich kann mir die Uebereinstimmung in dem Bau der metastatischen Geschwülste mit jenem der ursprünglichen Geschwulst nur durch die Annahme einer Verschleppung entwicklungsfähiger Theilchen der letzteren erklären und halte die vorwiegende Betheiligung des Knochensystems durch den Umstand für begründet, dass das gefässreiche Gewebe des Knochenmarks eine besonders günstige Stätte für die weitere Entwicklung der transplantirten Theilchen abgegeben hat.

Digitized by Google

Erklärung der Abbildungen.

Tafel XI.

Fig. 8. Schnitt durch ein Epithelioma cylindrocellulare des rechten Schilddrüsenlappens. *a* Follikelähnliche Gebilde. *b* Schlauchförmige Drüsenanlagen. *c* Interstitielles Gewebe.

Fig. 9. Schnitt durch ein Epithelioma cylindrocellulare des linken Schläfenbeins, metastatisch nach Epitheliom der Schilddrüse entstanden. *a* Follikelähnliche Gebilde. *b* Schlauchförmige Drüsenanlagen. *c* Interstitielles Gewebe mit den Gefässen. *d* Knochen mit den Kernen der Knochenkörperchen. *e* Stärker imbibirte Zone der Intercellularsubstanz des Knochens im Bereich der Usur.

---

7. Ein Fall von Spindelzellensarcom (Sarcoma fusocellulare) der Schilddrüse neben altem Kropf mit Metastasen auf Lymphdrüsen und Lungen.

Ich verdanke den nachstehenden Fall der Liberalität des Herrn Geh. Hofrath Gerhardt, in dessen Privatpraxis derselbe zur Beobachtung gekommen ist.

K., 66 Jahre alt, Conditor aus Jena, wie ein grosser Theil der Einwohner Jena's seit längerer Zeit mit Kropf behaftet, bemerkte seit einiger Zeit ein rascheres Wachsthum desselben. Dazu gesellten sich in der letzten Lebenszeit ein äusserlich fühlbarer Knoten unter der Haut der rechten Thoraxhälfte, Abnahme der Kräfte und die Erscheinungen von Lungeninsufficienz, was auf eine Neubildung in Schilddrüse und Lunge gedeutet wurde. Tod unter den Erscheinungen des Lungenödems den 8. Mai 1867.

Section 49 vom 9. Mai 1867. Grosse Leiche von kräftigem Körperbau. Haut bleich. Unterhautbindegewebe fettreich, Muskeln braunroth, mässig dick. In der Mittellinie und zu beiden Seiten des Halses eine umfangreiche, flach höckerige, etwas bewegliche Geschwulst, die Haut darüber verschiebbar. Thorax gut gewölbt, symmetrisch, über dem Knorpelansatz der zehnten rechten Rippe ein kirschengrosser, abgeflachter, röthlichweisser Tumor. Abdomen flach. Mässige Schwellung einzelner Zungenfollikel. Anfang des Oesophagus seitlich comprimirt, seine Schleimhaut unverändert. Trachea 3 Centimeter unterhalb des

Digitized by Google

Ringknorpels linkerseits im Umfang eines Groschenstücks von einer flach höckerigen, gelblichweissen Neubildung durchbrochen, welche mit ulceröser Oberfläche in das Lumen hineinragt und mit einer Neubildung des linken Schilddrüsenlappens zusammenhängt.

Schilddrüse in eine umfangreiche höckerige Geschwulst verwandelt. Der rechte Lappen 8 Centimeter hoch, 4 breit, 3,5 dick, vom rechten Zungenbeinhorn bis zur Clavicula reichend, das Gewebe blassbraun, gelb, körnig, die Körner mit gelber Gallerte erfüllt. In der Mitte des Lappens ein kugeliger Knoten von 3 Cent. Durchmesser von röthlichweisser Farbe, deutlich faserigem Bau, elastischer Consistenz mit einer buchtigen, käsigen Inhalt führenden Höhle. Isthmus der Schilddrüse 6,5 Cent. hoch, 5 breit, 6 dick, vom unteren Rand des Schildknorpels bis zum Jugulum reichend und eine kurze Strecke unter das Manubrium sterni herabgreifend, durchaus in eine gelblichweisse, deutlich faserige, mässig feste Geschwulst verwandelt. Der linke Lappen 9,5 Cent. hoch, 6 breit, 5 dick, vom Kieferwinkel bis zur linken Clavicula reichend. Der obere und untere Umfang dieses Lappens zeigt auf eine kurze Strecke den gewöhnlichen Läppchenbau der Schilddrüse, die Läppchen sind körnig, reich an Gallerte, die Hauptmasse ist in eine flach höckerige Geschwulst verwandelt, von gelblichweisser, an einzelnen Stellen mehr braunrother Farbe, mässig fester Consistenz, faserigem, an den braunrothen Stellen schwammigem Bau. Linke Vena jugularis interna und anonyma gleich der linken Vena thyreoidea inferior thrombosirt, der Thrombus erstreckt sich bis zur Einmündungsstelle in die Cava, in welche er mit zerrissenem Ende hineinragt. Glandulae cervicales inferiores linkerseits zum Theil in kirschgrosse, röthlichweisse, mässig feste Tumoren verwandelt.

Zwerchfell nach Eröffnung des Thorax am 6. Rippenknorpelansatz. Herz normal gelagert. Linke Lunge durch einzelne umschriebene Bindegewebsstränge der Costalpleura adhärend. Pleura mit einzelnen flachen, röthlich-weissen, zum Theil im Centrum flach vertieften Geschwülsten besetzt. Lunge durchaus lufthaltig, die vorderen Partien blutarm, trocken, die hinteren blutreich, die ganze Lunge von zahlreichen kugeligen, erbsen- bis apfelgrossen, röthlich-weissen, im Centrum zum Theil verkästen Geschwülsten durchsetzt. In dem zum hinteren Abschnitt des Oberlappens führenden Pulmonalarterienzweig ein der Gefässwand adhärirender grauröthlicher Embolus. Rechte Lunge umschrieben verwachsen, vorne trocken, blutarm, hinten blutreich und beträchtlich ödematös. In Ober- und Mittellappen zahlreiche, im Unterlappen spärliche erbsen- bis wallnussgrosse, kugelige, scharf umschriebene, zum Theil leicht ausschälbare Knoten. Im Stamm der rechten

Pulmonalarterie ein dünner, wandständiger, auf die Aeste eine kurze Strecke weit übergreifender Embolus. Herzbeutel gleich dem Herz sehr fettreich, letzteres schlaff, Musculatur brüchig, die Klappen intact. Leichtes Atherom des Anfangsstücks der Aorta, beträchtliches des Bogens unter Erweiterung. Die Organe des Unterleibs ohne bemerkenswerthe Veränderung.

Die mikroskopische Untersuchung der gallertigen Abschnitte des rechten und linken Lappens der Schilddrüse ergab den gewöhnlichen Befund des Gallertkropfs (Adenoma gelatinosum): die Follikel fast durchweg von Kugelform, sehr ungleich vergrössert und dem entsprechend zwischen 0,03 und 1,8 im Durchmesser schwankend, im Innern erfüllt von homogener, gelblicher Gallerte. Sie bestanden wie im normalen Zustande aus einer dünnen Membrana propria und dieser aufsitzendem einschichtigen Epithel. Letzteres war von ungleicher Beschaffenheit, in einem Theil der Follikel deutlich cylindrisch, 0,008 — 0,01 hoch, 0,005 breit, in der Mehrzahl cubisch von 0,006 Seitenfläche, in einzelnen stark abgeflacht. Die das Innere erfüllende Gallerte enthielt ausser Krystallen von oxalsaurem Kalk in einer grossen Zahl von Follikeln scharf begrenzte, vollkommen wasserhelle Vacuolen von 0,02 — 0,1 Durchmesser. Das interstitielle Gewebe bestand aus Blutgefässen und adventitiellem Bindegewebe; erstere bildeten in ihrem capillaren Abschnitt auf der Membrana propria der erweiterten Follikel Netze von der gewöhnlichen Form, das letztere war vorwiegend von Fibrillen gebildet und arm an zelligen Elementen.

An den Stellen des linken Lappens, an welchen die Neubildung auf das Drüsengewebe übergriff, zeigte sich das interstitielle Gewebe verdickt, indem die Gefässe von breiten Zügen dicht aneinanderliegender theils rundlicher, zum grösseren Theil spindelförmiger Zellen umgeben waren. Letztere Zellen hatten eine sehr ungleiche, zwischen 0,012 und 0,03 wechselnde Länge bei 0,002—0,006 Breite, sie bestanden aus einem zarten, hie und da in netzförmige Ausläufer sich verzweigenden Protoplasmakörper und einem, seltener zwei elliptischen Kernen mit 1 — 2 glänzenden Kernkörperchen. Die Follikel der Schilddrüse waren der Zunahme des interstitiellen Gewebes entsprechend gegen die Neubildung zu durch immer grössere Zwischenräume getrennt, ihr Durchmesser nahm dabei rasch ab und bewegte sich zwischen 0,015 und 0,05 Mm., die Form war bei einem Theil langgestreckt und wie abgeflacht. Sie bestanden aus einer Membrana propria, die jedoch an einzelnen kernreich und wie aus einzelnen Zellen zusammengesetzt war, und einschichtigem ihr aufsitzendem Epithel, welches stellenweise reichlich mit glänzenden Körnchen infiltrirt war; im Innern

Digitized by Google

enthielt die Mehrzahl auch der kleineren homogene Gallerte. Das die Membrana propria der Follikel umgebende Gefässnetz erschien, so weit die natürliche Füllung der Bahnen am gehärteten Präparat dies beurtheilen liess, an den weiter im Bereich der Neubildung liegenden Follikeln zurückgebildet. In der Hauptmasse der im linken Lappen der Schilddrüse liegenden Geschwulst, sowie im ganzen Isthmus fehlten die specifischen Elemente der Schilddrüse vollständig. Das Gewebe der Neubildung bestand hier aus ziemlich straffen, zu dünnen Bündeln vereinigten Fibrillen vom Aussehen gewöhnlicher Bindegewebsfibrillen und aus dicht aneinanderliegenden rundlichen, vorwiegend aber spindelförmigen Zellen, mit jenen in den Ausläufern der Geschwulst gegen die adenomatösen Stellen hin übereinstimmend. Zellen und Bindegewebsfibrillen waren zu Bündeln vereinigt, welche in den verschiedensten Richtungen sich durchkreuzten. Ein Unterschied von einem Stroma und einer davon differenten Einlagerung war nicht zu constatiren. Die Bündel von Zellen und Bindegewebsfibrillen führten Gefässe; sie waren, soweit sich dies an natürlich injicirten Partieen feststellen liess, ziemlich spärlich und dünnwandig, zum grössten Theil aus gestreckten Capillaren bestehend, der Anordnung nach an die spärlichen Gefässnetze erinnernd, wie sie der Processus infundibuli erwachsener Säugethiere besitzt. An einzelnen Stellen im unteren Abschnitt des linken Schilddrüsenlappens erwiesen sich die kleineren Venen stark erweitert, einen Plexus 0,1—0,15 weiter Hohlräume bildend, zwischen welchen das eigentliche Gewebe der Geschwulst erheblich reducirt und theilweise mit körnigem Haematoidin infiltrirt war. Die erweiterten Venenräume enthielten theils farbige Blutzellen in dichter Aneinanderhäufung, theils dichte Fibringerinnsel, welche an einzelnen Stellen von Zellenmassen durchwachsen waren, welche von den Bestandtheilen der umgebenden Neubildung sich nicht unterscheiden liessen.

Die Untersuchung der Knoten in den Glandulae cervicales und den Lungen ergab denselben Befund wie die Geschwulst im linken Lappen und dem Isthmus der Schilddrüse. Epitheliale Elemente fehlten vollständig, die Knoten bestanden aus vielfach sich durchkreuzenden Bündeln theils fibrillärer Bindesubstanz, theils runder und spindelförmiger, kernhaltiger Zellen mit spärlichen und dünnwandigen Gefässen.

Der Befund, welchen die mikroskopische Untersuchung der verschiedenen Geschwülste ergeben hat, stimmt mit dem gewöhnlichen Befund des Spindelzellensarcom (Sarcoma fusocellulare) überein. Den Ausgangspunkt der Neubildung suche ich in dem die Gefässe der Schilddrüse umscheidenden Bindegewebe. Dies ist ursprünglich ein Bestandtheil des Gefässblatts, welcher frühzeitig den eigentlichen Gefäss-

Digitized by Google

bahnen gegenüber eine gewisse Selbständigkeit seiner Entwicklung zeigt. Er versieht bereits die in der Abschnürung begriffene Anlage der Schilddrüse mit einer aus spindelförmigen Zellen bestehenden Hülle und betheiligt sich später im Anschluss an das Eindringen der Gefässe in noch höherem Grade an deren Entwicklung, indem er die epithelialen Gebilde umwächst, die Lücken zwischen den Blutgefässnetzen ausfüllt und durch selbständiges Wachsthum die Septa liefert, durch welche die einzelnen Läppchen des Organs gesondert werden. Während der embryonalen Entwicklung besteht dieser Theil des Gefässblatts aus runden, den Lymphkörpern gleichenden, vorwiegend aber aus spindelförmigen Zellen. Dieselben Zellenformen sind es, welche durch die Einwirkung der den Sarcombildungen zu Grunde liegenden Ursache im vorliegenden Falle in Geschwulstform zur Entwicklung gekommen sind. Ihre einseitige Vermehrung hat zum Schwund der Epithelialgebilde der Drüse und des functionellen Gefässsystems geführt; diesem Schwund steht eine Neubildung von Gefässen gegenüber, denn die Anordnung der Gefässnetze in der Geschwulst hatte einen Charakter, wie er in der normalen Schilddrüse sich nicht findet. Ich betrachte diese Gefässbildung als eine secundäre, durch die Vermehrung der adventitiellen Bindesubstanz hervorgerufene; sie hat in dem vorliegenden Falle das Maass nicht überschritten, welches bei der Entwicklung der Spindelzellensarcome innegehalten zu werden pflegt. Der Umstand, dass im Innern eines Theils der kleinsten Venen der Geschwulst Gewebsmassen vom Bau der umgebenden Neubildung sich vorgefunden haben, macht es wahrscheinlich, dass wenigstens ein Theil der in den Lungen entwickelten Knochen einer directen embolischen Verschleppung kleinster Theilchen der ursprünglichen Neubildung in Lungenarterienzweige seine Entstehung verdankt.

Digitized by Google

8. Ueber myxomatöses Adenom der Schilddrüse und dessen Beziehungen zum sog. Gallertkrebs.

Im Saalthale, aus welchem das pathologische Institut zu Jena zum überwiegenden Theil sein Material bezieht, findet sich Kropf in endemischer Verbreitung. Den Ausgangspunkt der Schwellung der Schilddrüse bildet in der Regel eine Vergrösserung ihrer Follikel, bedingt durch eine Vermehrung der auskleidenden Epithelien, es beruht demnach der Process auf ächter Adenombildung. Das Gefässblatt mit dem interstitiellen Bindegewebe betheiligt sich häufig secundär; die gewöhnliche Form der Betheiligung des ersteren besteht in einer der Vergrösserung der Follikeloberfläche entsprechenden Vermehrung der Capillaren, von Seite des letzteren findet die Betheiligung mit Vorliebe statt in Form von Bildung fibromatöser Knoten oder in Form von Knochenbildung. Die eigentliche Drüsensubstanz erscheint bei diesen gewöhnlichen Formen des Gallertkropfs (Adenoma gelatinosum) auf der Schnittfläche körnig und bald mehr, bald weniger reich an blassgelber in den Körnern enthaltener Gallerte.

Seltener bietet sich namentlich in umfänglicheren Schilddrüsengeschwülsten ein Befund, welcher von dem angegebenen darin abweicht, dass die Schnittfläche des körnigen Gefüges entbehrt und eine gleichförmige lockere, gelbliche Gallertmasse darstellt, in welcher man bei genauerer Betrachtung ein lockeres Netz weisser Faserzüge wahrnimmt. Es bildet diese Form des Kropfes entweder scharf umschriebene, von einer Kapsel umgebene Einlagerungen oder gleichförmige Infiltrationen, welche ohne scharfe Grenze in das körnige Drüsengewebe übergehen. Untersucht man einen solchen Kropfknoten frisch oder nach vorberiger Härtung, so ergiebt sich, dass sowohl die Bindegewebszüge, welche die einzelnen Läppchen der Schilddrüse sondern, als auch jene, welche im Innern der Läppchen die den einzelnen Follikeln zukommenden Gefässe umgeben, in ein lockeres Netz verwandelt sind, dessen Interstitien von einer homogenen, gelblichen, in Carmin blass rosenroth sich imbibirenden Gallerte erfüllt sind. Das Netz wird gebildet von feinen, meist gestreckt verlaufenden Fibrillen, welche unter spitzen Winkeln mit einander anastomosiren und hie und da zu dünnen Bündeln sich vereinigen; sie stehen mit den dünnen, die kleinsten Arterien und Capillaren umscheidenden Fibrillenzügen in vielfacher Verbindung. In den Knotenpunkten des Netzwerks finden sich elliptische Kerne, umgeben von einem dünnen, bisweilen eine Anzahl glänzender Körnchen enthaltenden Protoplasmahof, eben solche finden sich

Digitized by Google

im Verlauf der dünnen durch die Vereinigung von Fibrillen entstandenen Bündel. Die Gefässe durchsetzen in spärlicher Zahl die Gallertmasse. Die Follikel der Schilddrüse sind entsprechend der Gallertinfiltration der interstitiellen Bindesubstanz durch grössere Zwischenräume als normal getrennt. Sie sind an den Stellen, an welchen die Gallertinfiltration weit vorgeschritten ist, stets klein, ihr Epithel meist in fettiger Umwandlung, bisweilen stark abgeflacht; im Innern enthalten sie entweder homogene, gelbliche Gallerte oder abgestossenes in Verfettung begriffenes Epithel.

Es ist mir im Laufe dieses Frühjahrs gelungen, zum Zweck der Feststellung der Betheiligung des Gefässsystems eine mit dieser Kropfform behaftete Schilddrüse wenige Stunden nach dem Tod mit blauer Leimmasse zu injiciren. Es handelte sich um die infiltrirte Form, und zwar zeigte der betreffende Schilddrüsenlappen eine körnige Peripherie, welche ohne scharfe Grenze in die homogene, das Innere erfüllende Gallertmasse überging.

Die Untersuchung des peripherischen Abschnitts ergab den gewöhnlichen Befund des gallertigen Adenoms: Die Läppchen der Schilddrüse durch gefässführende Bindegewebssepta geschieden, aus Follikeln und interstitiellem Gewebe bestehend. Erstere waren von mittlerer zwischen 0,02 und 0,1 wechselnder Grösse, theils rund, theils in die Länge gezogen, sie bestanden aus Membrana propria, einschichtigem, dieser aufsitzenden Epithel von cubischer Gestalt und 0,007 Seitenfläche und homogener, gelblicher Gallerte im Innern. Das interstitielle Gewebe erfüllte die sehr geringen, durchschnittlich nicht über 0,02 messenden Zwischenräume zwischen den einzelnen Follikeln; es bestand aus Gefässen, welche in ihrem capillaren Abschnitt mit Maschen von durchschnittlich 0,05 Weite die Membrana propria der Follikel umspannen und einem lockeren diese umgebenden Netz von Bindegewebsfibrillen mit spärlichen Zellelementen. An der Grenze des drüsigen gegen den homogenen, gallertigen Theil des Lappens wurden in einzelnen Läppchen die Interstitien zwischen den Follikeln geräumiger, indem zwischen den aufgefaserten und theilweise zellenreicheren Zügen der Bindesubstanz schmale Gallertmassen sich abgelagert hatten. Die Follikel zeigten dieselbe Beschaffenheit wie in dem körnigen Abschnitt des Lappens, jedoch war ihr Gefässapparat spärlicher und die Gefässe zum Theil auffallend verschmälert. Weiter gegen das Innere verwischten sich die Grenzen zwischen den einzelnen Läppchen, indem sowohl die Septa zwischen denselben als die interstitiellen Bindesubstanzzüge im Innern diffus aufgefasert und von homogener Gallerte in den Maschenräumen infiltrirt waren (vergl. Taf. XI, Fig. 10). Die Follikel waren

dem entsprechend durch weite bis 0,2 betragende Zwischenräume getrennt, kleiner als in dem körnigen Abschnitt der Drüse, 0,01 — 0,05 messend, in der Mehrzahl 0,03 nicht überschreitend; ihr Epithel vielfach in Verfettung und abgeplattet, im Innern theils homogener Gallerte, theils Häufchen verfetteten Epithels. Das auf der Membrana propria der Follikel normal sich ausbreitende Capillargefässsystem war nur an einzelnen Follikeln in Rudimenten noch nachweisbar, die Mehrzahl derselben besass keine eigenthümlichen Gefässe; dem entsprechend fanden sich grössere bis 0,1 dicke, mit glänzenden Körnchen dicht infiltrirte, nach Art von Gefässen verästelte Stränge in der Gallerte, welche zum Theil an durchgängige Gefässe sich ansetzten, aber keine Injectionsmasse aufgenommen hatten. Das eigentliche Capillargefässsystem in den gallertigen Partien wurde gebildet von langgestreckten, im Mittel 0,01 weiten Capillaren, welche ein nicht ganz regelmässiges unter spitzen Winkeln anastomosirendes, spärliches Netz bildeten. Sowohl ihre Wand als jene der kleineren Arterien und Venen wurde von lockeren Bindegewebsscheiden umgeben, mit welchen das die Gallerte durchsetzende Netzwerk in vielfacher Verbindung stand. Innerhalb der dickeren Arterienscheiden fand sich stellenweise Gallerte in solcher Anordnung, dass sie an eine Füllung von Lymphgefässen mit Gallertmasse erinnerte.

Die Beschaffenheit, welche die interstitielle Bindesubstanz in dem letzteren und in allen analogen Fällen dargeboten hat, welche ich zu untersuchen Gelegenheit hatte, stimmt mit den Eigenschaften überein, welche das fötale Gallert- oder Schleimgewebe darzubieten pflegt. Der Befund im Ganzen lässt sich auffassen als eine diffuse Myxombildung im interstitiellen Gewebe, welche im Anschluss an einfache Adenombildung Platz greift und bei den höheren Graden zu Atrophie der Epithelialgebilde und des letzteren eigenthümlichen Gefässsystems führt. Es muss meiner Ansicht nach diese Form von Gallertumwandlung der Schilddrüse als Adenoma myxomatosum dem gewöhnlichen Gallertkropf, dem Adenoma gelatinosum gegenübergestellt werden. Die letztere Form beruht auf einer Vermehrung der Epithelien der Schilddrüsenfollikel unter Vergrösserung oder Neubildung von letzteren, und einer entsprechenden Vermehrung des gallertigen Inhalts bei normaler Beschaffenheit des interstitiellen Bindegewebes, die erstere dagegen beruht auf einer Umwandlung der interstitiellen Bindesubstanz in ächtes Gallert- oder Schleimgewebe, wobei die Schilddrüsenfollikel normal sich verhalten oder bei höheren Graden mit ihrem functionellen Gefässnetz der Rückbildung anheimfallen können.

Diese Form des myxomatösen Adenoms der Schilddrüse bietet aus

Digitized by Google

dem Grunde ein ganz besonderes Interesse, weil sie, wie ich aus einem im Jahre 1868 beobachteten Fall und zwei weiteren, in der Sammlung des pathologischen Instituts seit längerer Zeit befindlichen Präparaten schliessen muss, den Schlüssel zu einer sehr einfachen Deutung des Neubildungsprocesses liefert, welcher der Mehrzahl der Fälle, wenn nicht allen Fällen von sog. Gallertkrebs zu Grunde liegt. Die Beobachtungen, auf welche diese Ansicht sich stützt, sind folgende.

O. Friedrich, 71 Jahre alt, Beamter, seit längerer Zeit in der Privatpraxis des Herrn Geh. Hofrath Gerhardt wegen Harnbeschwerden mit gelegentlicher Hämaturie behandelt, daneben in letzterer Zeit Stuhlverstopfung mit Diarrhöen abwechselnd, eine fühlbare Geschwulst im Abdomen, Verfall der Kräfte. Tod den 10. October 1868 Abends.

Section 131 vom 12. October 1868. Aeltere und frische Tuberculose des Oberlappens der rechten Lunge, hypostatische Pneumonie in den Unterlappen beider Lungen. Umfangreicher Gallertkropf mit Knochenbildung und leichter Compression der Trachea. Wallnussgrosses Adenom der Prostata mit mässiger Verengerung der Urethra. Drei bohnengrosse Phosphatsteine in der Blase neben eitrigem Katarrh in Harnblase und rechtem Nierenbecken. Varixbildung in den hämorrhoidalen und urethralen Venen. Das Netz nach links gezogen und mit den unterliegenden Darmschlingen verwachsen. Colon transversum winklig geknickt, seine Mitte nahe der Symphyse liegend. Die obere Partie des Dickdarms ausgedehnt und mit Koth gefüllt. Flexura sigmoidea neben dem Promontorium einen mehr als faustgrossen Tumor bildend, welcher mit den anliegenden Dünndarmschlingen, der geknickten Stelle des Colon transversum, dem Netz und dem Parietalperitonäum über dem unteren Ende der linken Niere theils lose, theils fest verwachsen ist. Bei dem Versuche, die Adhäsionen zu lösen, kommt unter dem Netz bräunliche abgesackte Flüssigkeit und nach deren Entfernung eine umschriebene Perforation der Flexura sigmoidea zum Vorschein. Lumen der letzteren durch eine handtellergrosse, den ganzen Ringumfang einnehmende Neubildung verengt. Ihre Oberfläche zeigt an zwei Stellen ziemlich tiefe Einschnitte, wodurch sie in drei, dem Ringumfang des Darms parallel verlaufende Abtheilungen zerlegt wird. Sie erhebt sich mit umgeworfenen Rändern 1—2 Centimeter über das Niveau der umgebenden Schleimhaut und zeigt eine unebene, mit zahlreichen zottigen und keulenförmigen Excrescenzen bedeckte Oberfläche. Zwischen den Excrescenzen finden sich ausgedehnte buchtige Verschwärungen, deren eine trichterförmig die ganze Darmwand durchsetzt und zur Durchbohrung der letzteren geführt hat. Die Consistenz der Neubildung ist allenthalben weich, an den ulcerösen Stellen

Digitized by Google

zeigt sie sich gebildet von einem alveolären Bindegewebsnetz, dessen Maschen von einer gelblichen, zitternden Gallerte erfüllt sind. Auf einem der Länge nach geführten Durchschnitt zeigt sich die Geschwulst an ihrer Peripherie von kolossal vergrösserten Darmfalten gebildet, indem das submuköse Bindegewebe in Form von 1—2 Mm. breiter, gegen das Darmlumen vorspringender Leisten sich erhebt, welche unter Abgabe seitlicher Sprossen sich verschmälern und zugespitzt endigen. Sie werden von einem grauweissen, feinkörnigen Gewebe überzogen, welches an der Oberfläche zu einer Anzahl zottenförmiger und papillärer Exkrescenzen sich erhebt. Die Muskelwand und Serosa des Darms sind an den peripherischen Stellen einfach verdickt, weiter nach Innen von grauweissen und gallertigen Einlagerungen durchsetzt, die Oberfläche des Darms höckerig uneben. Das grauweisse, die Peripherie der Geschwulst bildende Gewebe macht weiter gegen das Innere ohne scharfe Grenze einer gelblichen Gallertsubstanz Platz, welche, in ein weissliches, areoläres Maschennetz eingeschlossen, die ganze Dicke der Neubildung von der zottigen Oberfläche bis zur vorgewölbten Serosa durchsetzt. In der Umgebung der Geschwulst zeigen sich, durch schmale, gesunde Schleimhautpartien getrennt, inselförmige, breite Excrescenzen der Schleimhaut mit zottiger Oberfläche und grauweissem feinkörnigen Durchschnitt mit Verdickung der unterliegenden Darmschichten.

Die mikroskopische Untersuchung der Neubildung wurde nach vorheriger Härtung in 1 % chromsaurem Kali und Alkohol vorgenommen; zur Markirung vorhandener Epithelialgebilde wurde, da wässrige Carminlösungen wegen der starken Quellungsfähigkeit des Gallertgewebes als unbrauchbar sich erwiesen, alkoholische Anilinblaulösung benutzt.

Die Schleimhaut in der Umgebung der Neubildungen zeigte die normale Beschaffenheit. Ihre schlauchförmigen Drüsen standen pallisadenförmig nebeneinander, ihre Weite betrug durchschnittlich 0,06 Mm., sie waren mit einschichtigem Cylinderepithel versehen. Die Bindesubstanz erwies sich namentlich an der Basis der Drüsen reich an Lymphkörpern, die Muscularis mucosae war 0,05 dick und entsandte schmale Bündel senkrecht nach oben in die Interstitien der Drüsen.

Die Leisten, zu welchen sich das submuköse Bindegewebe in der Peripherie der Neubildung erhob, bestanden aus fibrillärem Bindegewebe mit mässigem Gehalt an zelligen Elementen. Das sie überziehende Gewebe setzte sich zusammen aus zweierlei Bestandtheilen: Epithelialgebilden und interstitiellem Gewebe. Erstere bildeten an der Oberfläche senkrecht stehende, cylindrische Schläuche, in den tieferen

Schichten nahmen sie unregelmässig gewundene Formen an und zeigten seitliche Sprossen, welche zum Theil netzförmig unter einander in Verbindung standen; ihr Durchmesser war ziemlich ungleich, zwischen 0,06 und 0,3 schwankend.

Der Bau dieser Epithelialgebilde war allenthalben derselbe: sie bestanden aus einer dünnen Bindesubstanzhülle und dieser aufsitzendem cylindrischen Epithel. Letzteres war einschichtig, seine Zellen protoplasmareich, 0,004—0,006 dick, 0,02—0,03 lang, mit der Basis näher liegendem Kern. An der Basis der Neubildung, da wo sie an die normale Schleimhaut angrenzte, erstreckten sich Ausläufer dieser Epithelialgebilde, zum Theil mit normalen Drüsenenden in Zusammenhang stehend, durch Lücken in der Muscularis mucosae in das submuköse Bindegewebe und bildete dort langgezogene, vorwiegend dem Verlauf der Fibrillen parallele Einlagerungen. Diese Epithelialgebilde waren umgeben von dünnen Lagen einer an Lymphkörpern und spindelförmigen Zellen reichen Bindesubstanz, welche ausserdem Gefässe führte, deren capillarer Abschnitt die Epithelialgebilde mit lockeren Netzen umspann. An der Oberfläche der Geschwulst bildete diese zellenreiche Bindesubstanz verschieden gestaltete papilläre Excrescenzen, in welche Gefässschlingen sich fortsetzten und welche an ihrer Oberfläche von einschichtigem cylindrischen Epithel überzogen waren. Die isolirten, in der Nähe der Geschwulst vorhandenen Neubildungen in der Schleimhaut stimmten in ihrem Bau mit der Peripherie der Hauptgeschwulst überein.

In einiger Entfernung von der Peripherie änderte sich dieser Bau insofern, als an Stelle der fibrillären oder zellenreichen interstitiellen Bindesubstanz Schleimgewebe auftrat. Diese Umwandlung der Bindesubstanz erfolgte zunächst an umschriebenen Stellen, indem die Adventitia der kleineren Arterien sich auflockerte und in den Interstitien eine homogene Gallertmasse sichtbar wurde. Weiter gegen das Innere verbreitete sich die Auffaserung und gallertige Infiltration über die ganze interstitielle Bindesubstanz, so dass die festeren Bindegewebszüge auf spärliche schmale Bündel reducirt wurden, durch welche das Gallertgewebe in rundliche und längliche, 0,1—0,8 messende Aveolen zerlegt wurde. Die homogene, blassgelbe, in Wasser stark quellende, in verdünnten Alkalien leicht lösliche Gallerte wurde wie an den isolirten Stellen der Arterienscheiden von einem Netzwerk feiner, hie und da zu kleinen Bündeln vereinigter Fibrillen durchsetzt. In den Knotenpunkten des Netzwerks fanden sich elliptische und eckige Kerne, ausserdem fanden sich grössere, durch Blässe ihres feinkörnigen Protoplasma ausgezeichnete runde und elliptische Zellen von 0,016—0,2 Dicke

Digitized by Google

bei 0,024 — 0,03 Länge, mit 1 bis 2 rundlichen, 0,004 bis 0,007 messenden Kernen und verschieden grossen, bis 0,014 messenden, vollkommen wasserhellen, runden Vacuolen, die runden scheinbar frei in der Gallerte liegend, die elliptischen grösstentheils durch sehr zarte Protoplasmafortsätze mit dem Fibrillennetz in Verbindung. Die Gallerte enthielt ausserdem gestreckt verlaufende Capillaren von 0,006 – 0,016; ihre Wand war umgeben theils von einer dünnen fibrillären Adventitia, von welcher aus Fibrillen an das die Gallerte durchsetzende Netzwerk sich abzweigten, theils von aneinandergereihten, elliptischen, auffallend blassen Zellen mit grossen, gleichfalls blassen Kernen und hie und da beginnender Vacuolenbildung.

Die Epithelialgebilde, welche in der Peripherie der Geschwulst das vorwiegende Element bildeten, fehlten auch in dem gallertigen Theil nicht. Ihr Verhalten zur Gallertumwandlung der umliegenden Bindesubstanz liess sich an den Stellen verfolgen, an welchen letztere noch auf isolirte Strecken der Adventitia der kleineren Arterienzweige sich beschränkte. Die hie und da mit Erweiterungen versehenen, mit cylindrischem Epithel ausgekleideten Schläuche wurden entweder auf eine grössere Strecke ihres Verlaufs von der gallertigen Bindesubstanz einfach umwachsen oder letztere drängte sich an einzelnen Stellen gegen die epithelführende Wand wie eine mit breiter Basis aufsitzende Papille vor, die Epithelialbekleidung vor sich herschiebend (vergl. Taf. XI, Fig. 11). An den weiter im Innern liegenden Partien der Geschwulst mit diffuser, von der zottigen Oberfläche bis zu den die Serosa infiltrirenden Theilen sich verbreitender Gallertmetamorphose der interstitiellen Bindesubstanz zeigten die Epithelialgebilde ein verschiedenes Verhalten. An den theilweise in Schleimgewebe verwandelten zottigen Exkrescenzen der Oberfläche zeigte sich der einschichtige Cylinderepithelüberzug unversehrt; in den tieferen Schichten waren die Epithelialgebilde in Rückbildung begriffen. Am häufigsten erschienen sie von dem Gallertgewebe rings umwachsen, schmäler als in der Peripherie der Geschwulst, hie und da noch mit seitlichen Sprossen versehen; das auskleidende Epithel entweder noch deutlich cylindrisch oder häufiger in deutlicher Verfettung, unregelmässig gestaltet, das Protoplasma reich an glänzenden Körnchen. Es fanden sich ferner rundliche Massen von Gallertgewebe, welche entweder ringsum oder in einer Strecke ihrer Peripherie eine Bekleidung von einschichtigem Cylinderepithel zeigten, welche bisweilen auf die gegenüberliegende Fläche der Gallertmasse sich fortsetzte. Ich erkläre sie mir als Quer- oder Längsschnitte von Stellen, an welchen frühzeitig ein Hineinwachsen des umgebenden Schleimgewebes in erweiterte Abschnitte der

Digitized by Google

Epithelialgebilde in Papillenform stattgefunden hat. Im Innern enthielten die epithelführenden Schläuche dieses Abschnitts der Geschwulst entweder farblose Flüssigkeit, mit einzelnen körnigen Epithelzellen, so lange unverändertes Epithel sie bekleidete, oder feinkörnigen Detritus, wenn die Fettdegeneration des Epithels weiter fortgeschritten war (vergl. Taf. XI, Fig. 12). Von dem die Epithelialgebilde in der Peripherie der Geschwulst umspinnenden Capillarnetz liessen sich in den centralen Partien kaum Spuren constatiren, das Capillarsystem reducirte sich auf die spärlichen gestreckten Zweige, welche im Innern der Gallertsubstanz sich verbreiteten.

Es ergiebt sich als Resultat der Untersuchung, dass die vorliegende Geschwulst aus zwei Bestandtheilen sich zusammensetzt, welche in den peripherischen und centralen Partien verschiedene Modificationen und eine verschiedene Wachsthumsenergie darbieten. Der eine Bestandtheil ist hervorgegangen aus einer Sprossenbildung der Darmdrüsen, bedingt durch eine Vermehrung der cylindrischen Epithelien des Darmdrüsenblatts. Der andere Bestandtheil ist hervorgegangen aus einer Vermehrung der Zellen der interstitiellen Bindesubstanz. Diese Vermehrung hat in der Peripherie der Geschwulst und in den umgebenden kleineren Geschwülsten stattgefunden in analoger Weise wie bei der embryonalen Entwicklung der Darmdrüsen, indem sie sich auf die Production zellenreicher Umhüllungen der Epithelialgebilde beschränkt hat. Diese Abschnitte der Geschwulst stimmen mit dem Befund eines gewöhnlichen Epithelioma cylindrocellulare überein. In den von der Peripherie entfernteren Partien der Geschwulst ist das interstitielle Bindegewebe Sitz eines weiteren Entwicklungsprocesses geworden, welcher zu einer Umwandlung desselben in ächtes Gallert- oder Schleimgewebe geführt hat. Diese Umwandlung ist wenigstens stellenweise erfolgt zum Nachtheil der epithelialen Gebilde und der sie umgebenden Gefässe, welche der Rückbildung anheimgefallen sind. Dieser Theil der Geschwulst entspricht seinem Bau nach einem diffusen Myxom; ich halte seine Entwicklung für einen secundären Vorgang, da die Stellen, in welchen der Neubildungsprocess allem Anscheine nach im Fortschreiten oder in frischer Entwicklung begriffen ist, der Gallertmassen entbehren. Es muss eine besondere Ursache im Verlauf der Epitheliombildung zur Einwirkung gekommen sein, welche zur diffusen Myxombildung Seitens der interstitiellen Bindesubstanz geführt hat. Für die ganze Neubildung empfiehlt sich in Berücksichtigung ihres gemischten Charakters die Bezeichnung des Epithelioma myxomatosum.

Ich habe zur Prüfung dieser Auffassung zwei weitere Präparate von sog. Gallertkrebs untersucht, welche seit längerer Zeit in der

Sammlung des hiesigen pathologischen Instituts sich befinden, das eine dem Dickdarm, das andere der Brustdrüse entstammend.

In dem ersteren Präparat ist ein Theil des Dickdarms, wahrscheinlich die Flexur, in einen den ganzen Ringumfang des Darms einnehmenden fast kopfgrossen Tumor verwandelt, welcher mit dem Scheitel der Harnblase und einer Anzahl von Dünndarmschlingen fest verwachsen ist. Die Geschwulst beschränkt sich in ihrer Peripherie auf die Schleimhaut, welche zu einer flachen, mit umgeworfenem Rande, an der Oberfläche mit feinen zottigen Exkrescenzen versehenen Neubildung von weicher Consistenz, gleichförmig grauweisser Farbe und feinkörniger Schnittfläche verdickt ist. Die Muskelwand und Serosa des Darms sind unter dem peripherischen Abschnitt der Geschwulst einfach verdickt, weiter nach Innen wird erstere an mehreren Stellen von der Geschwulst durchsetzt, welche sich in der Serosa in grosser Ausdehnung verbreitet. Eine Strecke von der Peripherie entfernt verändern sich die Eigenschaften der Geschwulst, indem sie an Dicke erheblich zunimmt, eine stark zerklüftete, mit zottigen und papillären Exkrescenzen bedeckte Oberfläche und dazwischen buchtige, tief greifende Ulcerationen zeigt. In diesem ganzen Abschnitt ist die Consistenz der Geschwulst zugleich erheblich weicher als in der Peripherie, das körnige Gefüge geschwunden, statt dessen findet sich eine gelbliche, zitternde Gallerte allenthalben in ihre Substanz infiltrirt, welche von einem weisslichen Fasernetz durchsetzt wird. An zwei Stellen haben die Ulcerationen an der Basis der Geschwulst zu Durchbohrungen der Darmwand und ihr anliegender Organe geführt; nach oben communicirt die Höhle des Dickdarms mit einer Dünndarmschlinge, deren Wandung in der Umgebung der groschengrossen Perforation von einer weichen, grauweissen, feinkörnigen Neubildung substituirt wird, welche keine Gallerteinlagerung zeigt. Eine zweite Perforation findet sich zwischen Dickdarm und Scheitel der Blase, deren Wand in der Umgebung der Perforationsstelle gleichfalls in eine kugelig vorgewölbte, an der Oberfläche feinzottige, der Gallerteinlagerungen entbehrende Neubildung verwandelt ist.

Die mikroskopische Untersuchung ergiebt in den peripherischen Partien und in den Geschwülsten der Dünndarm- und Harnblasenwand den Befund des Epithelioma cylindrocellulare. Die Entwicklung von Gallertgewebe zeigt sich auch hier zunächst an inselförmigen Stellen der Adventitia kleinerer Arterien, und erst weiter im Innern diffus über die interstitielle Bindesubstanz verbreitet mit Atrophie der hier befindlichen Epithelialgebilde unter Verfettung ihres Epithels und Verschmälerung ihres Durchmessers bis fast zur Unkenntlichkeit.

Digitized by

Das zweite Präparat stellt eine ellipsoidische Geschwulst der Brustdrüse dar von 6 Centimeter Höhe, 9 Centimeter Länge, 8 Centimeter Breite. Die Brustwarze nebst der umliegenden Haut ist an die Geschwulst fixirt, die Haut in grosser Ausdehnung verdünnt, so dass an einzelnen Stellen unterliegende gelbliche Gallertkörner durchschimmern. In einiger Entfernung von der Brustwarze ist sie im Umfang eines Thalers von der Neubildung durchbrochen. Die Durchbruchsstelle ist flach vorgewölbt und besteht aus dünnen, mit verdickter Epidermis überzogenen Hautresten und dazwischen befindlichen runden Ulcerationen. Die an letzteren blossliegende Neubildung zeigt ein areoläres Maschennetz und in dieses eingebettet eine gelbliche, durchscheinende Gallerte. Auf dem Durchschnitt zeigt die Geschwulst eine Zusammensetzung aus einer Anzahl kirschen- bis hühnereigrosser, durch Bindegewebssepta unvollkommen geschiedener Lappen. Diese sind in den tieferen Schichten der Brustdrüse von grauweisser Farbe, mässig fester Consistenz, körnigem, drüsenähnlichen Bau, in den oberen Schichten blassgelb, von weicher Consistenz und immer mehr gallertiger Beschaffenheit, von einem weissen, gegen die Oberfläche zu immer lockerer und spärlicher werdenden Fasernetz durchsetzt.

Die mikroskopische Untersuchung ergiebt schon bei schwachen Vergrösserungen, dass in der Geschwulst zweierlei Bestandtheile sich unterscheiden lassen: Drüsengewebe und interstitielle Bindesubstanz mit Gefässen. Das Drüsengewebe besteht aus 0,1 — 0,3 Mm. im Durchmesser haltenden cylindrischen Gängen, welche baumförmig sich verzweigen und in kurze, an ihren Enden mit einer oder mehreren flachen Auftreibungen versehene Ausläufer übergehen. Die zu einem Drüsengang gehörenden Ausläufer mit ihren rudimentären Endbläschen werden durch stärkere Bindegewebszüge von den benachbarten geschieden, dadurch wird die Bildung einer Anzahl secundärer Läppchen bedingt, welche der Schnittfläche der tieferen Schichten ihr feinkörniges Ansehen verleihen. Die Drüsengänge bestehen aus einer dünnen Membrana propria und auskleidendem Epithel. Letzteres ist in den grösseren Gängen cylindrisch und besteht aus kernhaltigen Zellen von 0,005 Dicke bei 0,008 Höhe; in den Ausläufern und deren Endauftreibungen ist es viel flacher, theils cubisch, theils abgeflacht, polygonale Plättchen von 0,006 — 0,01 Durchmesser darstellend. Das Lumen der drüsigen Gänge ist theils scharf begrenzt, theils in den Ausläufern und Endbläschen erfüllt mit Epithelien von der Beschaffenheit der die Wandung bekleidenden. Diese Drüsengänge und Endbläschen, welche von jenen einer jungfräulichen Mamma nur durch grösseren Epithelreichthum und geringere Regelmässigkeit der Form sich unterscheiden, werden

Digitized by Google

umgeben von Bindesubstanz und Gefässen. Die Bindesubstanz zeigt an einem Theil der festeren, deutlich körnigen Stellen der Geschwulst eine Zusammensetzung aus Fibrillen mit elliptischen Kernen und zwischenliegenden runden und spindelförmigen Zellen. Diese Stellen entsprechen dem Befund, wie er bei einfachen Adenomen der Brustdrüse häufig ist. Um die Mehrzahl der Drüsengänge und ihrer Enden ist die Bindesubstanz auch in den tieferen Schichten der Geschwulst locker, wie aufgefasert, 0,016—0,08 breite, scheidenartige Umhüllungen bildend (vergl. Taf. IX, Fig. 11).

Diese Umhüllungen werden peripherisch begrenzt von straffen Bindegewebsbündeln, an welche sich zartere Fibrillenzüge in concentrischer Anordnung anreihen. Gegen die Mitte wird die Anordnung der letzteren stellenweise mehr netzförmig, mit runden und eckigen Kernen in den Knotenpunkten. In den Zwischenräumen dieser Fibrillen findet sich eine homogene, durchsichtige Gallertmasse, hie und da runde oder elliptische, blasse, mit rundem Kern und hyalinen Vacuolen versehene Zellen enthaltend. Die in der Bindesubstanz verlaufenden kleinen Arterien und Capillaren zeigen sehr entwickelte bindegewebige Scheiden, von welchen aus zahlreiche Fasern an das die Gallerte durchsetzende Netzwerk sich abzweigen.

In den weiter gegen die Oberfläche zu liegenden Abschnitten der Geschwulst tritt das Drüsengewebe gegen die Gallertsubstanz erheblich zurück. Das Zurücktreten findet allmälig statt, so dass, während in den tieferen Partien das Drüsengewebe innerhalb der Gallertsubstanz noch leicht nachweisbar ist, in den oberflächlichen nur Rudimente desselben angetroffen werden. Die Bindesubstanz dieser Partien bildet stärkere Züge, welche, zahlreiche Anastomosen bildend, das Gewebe in rundliche und polygonale Felder von 0,05—0,2 Durchmesser zerlegen. Von diesen Bindegewebszügen sondern sich schmale Bündel ab, welche unter rascher Auffaserung in das Innere der Felder eintreten, in letzteren ein zum Theil sehr zartes Netzwerk bildend. Die Bindesubstanz dieses Netzes besteht theils aus Fibrillen vom gewöhnlichen Aussehen mit runden und eckigen Kernen in den Knotenpunkten, theils ist ihre Substanz zarter, sehr feinkörnig, noch nicht umgewandeltem Protoplasma ähnlich. Letztere enthalten reichlichere zellige Elemente, theils in Form elliptischer, mit stark körnigem Protoplasma umgebener Kerne, theils in Form grösserer, 0,014 breiter, 0,024—0,03 langer Zellen mit 1—2 Kernen, sehr blassem feinkörnigen Protoplasma, an welches sich an beiden Enden sehr zarte Ausläufer anschliessen, und wasserhellen, runden, bis 0,01 messenden Vacuolen im Protoplasma. Die Zwischenräume des Netzes sind ausgefüllt mit homogener Gallerte, welche ein-

Digitized by Google

zelne runde Zellen frei im Innern beherbergt. Die drüsigen Gebilde, welche im Innern der Gallerte enthalten sind, zeigen sich, je weiter man mit der Untersuchung gegen die stark gallertigen Partien der Oberfläche fortschreitet, durch um so grössere Zwischenräume getrennt; ihr Durchmesser zum Theil erheblich verschmälert, das Innere nur an einzelnen Stellen noch mit erkennbaren Epithelien, zum grössten Theil mit körnigem, rundliche Kerne einschliessenden Detritus gefüllt.

Diese Gallertgeschwulst der Brustdrüse stimmt in den wesentlichen Eigenschaften mit der von Franz Eilhardt Schulze[1]) beschriebenen überein. Den Ausgangspunkt der Geschwulstbildung suche ich in einer Sprossung der Drüsengänge der Mamma, mithin in einer Adenombildung, wodurch sich die Uebereinstimmung des drüsigen Theils der Neubildung mit dem Bau der jungfräulichen Brustdrüse ungezwungen erklärt. Als ein secundäres Ereigniss, welches immerhin sehr frühzeitig Platz gegriffen haben kann, betrachte ich die diffuse Umwandlung der interstitiellen Bindesubstanz in Schleimgewebe. Sie beruht auf ächter Myxombildung. Die Verschiedenheit der Bilder, welche Schnitte aus verschiedenen Niveaus der Geschwulst darbieten, leite ich ab von einer Verschiedenheit in der Energie des Wachsthums der Abkömmlinge der beiden an der embryonalen Entwicklung der Brustdrüse betheiligten Blätter, des vom Hornblatt abstammenden Drüsenepithels und des aus dem Gefässblatt stammenden interstitiellen Bindegewebes, und schreibe die Reduction, welche die Drüsensubstanz stellenweise im Verlauf der Geschwulstbildung erfahren hat, dem energischeren Wachsthum der interstitiellen Bindesubstanz zu, welche durch die Einwirkung einer besonderen Ursache zur Entwicklung von Schleimgewebe veranlasst worden ist.

Ich komme auf Grund dieser übereinstimmenden an verschiedenen Organen gewonnenen Resultate zu wesentlich anderen Schlüssen über die Natur des sog. Gallertkrebses als die Beobachter, welche sich in letzterer Zeit mit dessen Untersuchung beschäftigt haben. Ernst Wagner[2]) hat das Verdienst, auf die Häufigkeit der Gallertmetamorphose in Krebsen mit regelmässig gelagerten cylindrischen Zellen zuerst aufmerksam gemacht zu haben. Er läugnet die Specificität des Gallertkrebses und leitet dessen Eigenthümlichkeit ab von einer Schleimmetamorphose der Krebszellen. In letzteren treten seinen Beobachtungen nach helle Flecke auf, welche sich vergrössern und die Wandung

1) Archiv für mikroskopische Anatomie I. Band, 4. Heft.

2) Archiv für physiologische Heilkunde 1856. Archiv der Heilkunde 1860. 1862.

der Zellen zum Schwund bringen. Dadurch komme der Inhalt dieser hellen Flecke zum Austreten und bleibe isolirt oder fliesse mit der gleichen Substanz anderer Zellen zusammen. Die exquisit alveolare Structur des sog. Gallertkrebses leitet ERNST WAGNER ab von einer Vergrösserung zahlreicher Krebsalveolen durch die mit der Schleimmetamorphose einhergehende Volumzunahme ihrer Zellen und aus demselben Grunde die eigenthümliche Beschaffenheit des Stroma.

Ich muss dem gegenüber hervorheben, dass sowohl in einfachen Adenomen als einfachen Epitheliomen des Darms und Uterus Becherzellen, wie sie FRANZ EILHARD SCHULZE[1]) beschrieben und abgebildet hat, nicht selten in ungeheurer Menge sich finden, ohne dass diese Neubildungen ausser grösserem Saftreichthum eine Abweichung vom gewöhnlichen Verhalten darböten. Auch in dem epithelialen Theil sogenannter Gallertkrebse kann eine solche Becherzellenbildung Platz greifen, sie bedingt aber nicht die charakteristische Beschaffenheit der Neubildung. Bei Anwendung der Färbemethode ist es nicht schwierig, sich zu überzeugen, dass die Gallertentwicklung von den epithelialen Elementen unabhängig und dem interstitiellen Gewebe eigenthümlich ist. Der alveolare Bau eines Theils der Gallertkrebse erklärt sich sehr einfach aus dem Umstand, dass nur die lockereren die kleineren Gefässe umscheidenden Bindesubstanzzüge Sitz der Entwicklung von Schleimgewebe sind, während die stärkeren Bündel der Bindesubstanz und die Scheiden der stärkeren Gefässe ihren ursprünglichen Bau im Wesentlichen beibehalten. Durch letztere wird die Neubildung in die schon mit freiem Auge wahrnehmbaren Felder getheilt, welche die Gallertsubstanz im Innern beherbergen.

Die in dem RUDNEW'schen Institut gewonnenen Resultate STRADOMSKY's[2]) bezeichnen einen weiteren Fortschritt in der Erkenntniss dieser Neubildungsform, insofern derselbe die epithelialen Elemente, welche er als Bestandtheile der untersuchten Geschwülste aufgefunden hat, als Abkömmlinge der normalen Epithelien des Darmdrüsenblatts erkannt hat. Wenn derselbe aber die neugebildeten Drüsenschläuche sich erweitern und zuletzt durch stete Zunahme der Erweiterung bersten, das in ihnen enthaltene Epithel in das umgebende Bindegewebe hineintreten und auf diese Weise die Alveolen entstehen lässt, deren zelliger Inhalt nach und nach eine colloide Metamorphose erleide, so

---

1) Archiv für mikroskopische Anatomie III. Bd. p. 145.

2) Zur Lehre über die Entwicklung des Colloidkrebses im Magen und Netz. Petersburg 1868. Es muss hier bemerkt werden, dass schon früher ROBIN zu ähnlichen Resultaten gekommen ist wie STRADOMSKY.

muss ich seine Angaben aus denselben Gründen wie jene Ernst Wagner's für irrthümlich erklären.

Auf Grund von Silberpräparaten hat Köster[1]) es wahrscheinlich zu machen gesucht, dass sowohl im Hautkrebs als im Gallertkrebs die epithelialen Elemente aus den Epithelien der capillaren Lymphbahnen sich entwickelten. Versucht man diese Annahme, für welche die normale Entwicklung nicht den geringsten Anhalt bietet, auf die im Vorstehenden geschilderten Beobachtungen zu übertragen, so würden die Lymphgefässepithelien in der Schilddrüse Epithelialgebilde in Form geschlossener Follikel, in der Brustdrüse solche von der Anordnung einer traubenförmigen Drüse und im Darm solche von Schlauchform producirt haben. Ich glaube, dass diese Thatsachen einfacher aus einer continuirlichen Entwicklung der aus dem Drüsenblatt stammenden Gebilde sich ableiten lassen, ganz abgesehen davon, dass, so lange eine Entwicklungsgeschichte der Gewebselemente, welche in den capillaren Lymphbahnen die Silberzeichnung geben, nicht vorliegt, eine Verwerthung dieser Bilder für pathologische Neubildungsprocesse auf völlig unsicherem Boden steht.

Meinen Beobachtungen zufolge müssen die Fälle, in welchen die an der Zusammensetzung von Adenomen und Epitheliomen betheiligten Epithelialgebilde Ursache einer stärkeren Schleim- oder Gallertanhäufung sind, von jenen unterschieden werden, in welchen die interstitielle Bindesubstanz Sitz von Schleimgewebentwicklung wird.

Im ersteren Fall kann Gallerte im Innern von drüsigen Hohlräumen in grösserer Menge sich anhäufen; dies findet namentlich statt bei den folliculären und kystomatösen Adenomen der Schilddrüse, Nieren, Ovarien, des Uterus u. s. w., während mir bisher ein Fall von Anhäufung festerer Gallertmassen im Innern der drüsigen Räume eines Epithelioms nicht zur Beobachtung gekommen ist. In diesen Fällen stellt die Gallerte ein Sekret der Epithelien dar, das interstitielle Gewebe zeigt die normale Beschaffenheit. Für sie empfiehlt sich die Bezeichnung des Adenoma, resp. Kystoma gelatinosum.

Es können ferner die Epithelien eines Adenoms oder Epithelioms in grosser Zahl in Becherzellen verwandelt werden; auch in diesem Fall kann das interstitielle Gewebe normal sich verhalten, die Geschwülste unterscheiden sich von den gewöhnlichen Adenomen und Epitheliomen nur durch etwas grössere Weichheit und grösseren Saftreichthum. Für diese Form empfiehlt sich die Bezeichnung des Adenoma, resp. Epithelioma mucocellulare.

---

1) Die Entwicklung der Carcinome und Sarcome. Würzburg 1869.

Diesen Fällen müssen jene gegenübergestellt werden, in welchen die interstitielle Bindesubstanz Sitz von Gallertablagerung wird, indem sie sich zu ächtem Schleimgewebe umwandelt. Für sie empfiehlt sich die Bezeichnung des Epithelioma, resp. Adenoma myxomatosum. In diese Kategorie gehört die überwiegende Zahl der Fälle von sog. Gallertkrebs.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel IX.

Fig. 11. Feiner Schnitt durch ein Adenoma myxomatosum mammae. *a* Drüsensubstanz. *b* Interstitielles Gewebe, in der Nähe der Drüsensubstanz aufgelockert und in den Interstitien Gallerte enthaltend.

Tafel XI.

Fig. 10. Schnitt durch ein Adenoma myxomatosum glandulae thyreoideae. *a* Follikel, bei *a'* in Atrophie begriffen. *b* Capillargefäss. *c* Schleimgewebe, die Interstitien mit Gallerte erfüllt.

Fig. 11. Schnitt durch ein Epithelioma myxomatosum coli. *a* Epitheliale Schläuche. *b* Schleimgewebe, von der Adventitia kleinerer Arterien ausgehend *c* Stelle, an welcher das Schleimgewebe die Wand eines epithelführenden Hohlraums eingebuchtet hat. Man sieht bei *c* das niedrige Epithel der jenseitigen Wand noch eine Strecke weit verlaufen.

Fig. 12. Schnitt durch eine weiter gegen die Mitte zu liegende Stelle derselben Geschwulst. *a* Epithelialer Schlauch, das Innere erfüllt von stark körnigen Zellen. *b* Schleimgewebe, den epithelialen Schlauch rings umgebend.

Digitized by

Digitized by Google

Ueber die Kopfnerven von Hexanchus und ihr Verhältniss zur „Wirbeltheorie“ des Schädels.

Von

Carl Gegenbaur.

Mit Tafel XIII.

1. Vorbemerkungen.

Die vergleichende Anatomie des peripherischen Nervensystems der Wirbelthiere kann nach zwei verschiedenen Richtungen behandelt werden. Einmal kann, von einer niederstehenden Einrichtung aus, die Reihe von Veränderungen verfolgt werden, welche sich in den höheren Zuständen darbietet. Es kann nachgewiesen werden, wie durch Umwandelung anderer, sei es den Nervenbahnen benachbarter Körpertheile, sei es die Endigungen der Nerven empfangender, somit den Verbreitungsbezirk derselben darstellender Organe ein modificirender Einfluss auf das Nervensystem selbst ausgeübt wird, der sich sowohl an den Volums- wie an den Verlaufsverhältnissen der Nerven äussert. Indem man versucht diesen Veränderungen in continuirlicher Reihe nachzugehen, werden Einrichtungen klar, die, an ihrem Endpunkte betrachtet, unverständlich erscheinen, in demselben Maasse als sie eigenthümlich und auffallend sind. Im Gebiete der Kopfnerven, wie sie die Anatomie des Menschen zuerst und am genauesten kennen lehrte, finden sich zahlreiche Beispiele hiefür. Indem die Vergleichung jene Eigenthümlichkeiten und Complicationen als Umwandlungen einfacher Zustände nachweist, und die dem höheren Organismus zukommende Einrichtung aus dem niederen erklärt, ist sie von der Anatomie als Wissenschaft untrennbar. Die Kenntniss des peripherischen Nervensystems niederer Wirbelthiere ist aber auch aus einem anderen Grunde als unentbehrlich anzusehen. Während nämlich für viele Organsysteme die einfacheren Zustände aus der Ontogenie erschlossen werden, wo wir sie in den frühesten Stadien vorübergehend repräsentirt finden, so dass von hier aus eine reiche Quelle für das Verständniss

Digitized by Google

complicirter Einrichtungen fliesst, verhält es sich anders mit dem peripherischen Nervensystem. Die Entwickelungsgeschichte des Darmrohrs und seiner Drüsenorgane, der Organe des Kreislaufs, sowie jener des Urogenitalsystems u. a. m., lässt eine Fülle von Licht auf das complicirtere Verhalten des ausgebildeten Organismus ausstrahlen, und erläutert Einrichtungen, die ohne jene Kenntniss zusammenhangslos bleiben. Die Beispiele hiefür sind so zahlreich und dabei so nahe liegend, dass wohl keines angezogen zu werden braucht. Wenn nun jene ontogenetischen Befunde zwar wieder nur durch die Vergleichung aufgeklärt werden, insofern sie dabei als ererbte Zustände sich erweisen, so sind sie doch schon an sich wichtige Mittel für die wissenschaftliche Begründung der Anatomie. Für's peripherische Nervensystem dagegen ist uns die ontogenetische Grundlage einer Erklärung des complicirteren Verhaltens im ausgebildeten Organismus entzogen, wir kennen (abgesehen von dem Verhalten einiger Nervenstämme zu den Visceralbogen) von jenem Systeme keine embryologische Thatsache, die in jener Richtung verwerthbar wäre, denn es ist noch völlig ungewiss, ob die spätere Gestaltung den niederen Zuständen entsprechende Vorläufer besitzt, oder ob die histiologische Differenzirung der betreffenden Theile gleich mit dem definitiven Verhalten beginnt, indem die einfacheren Zustände übersprungen werden. Jedenfalls bietet die Ontogenie hier eine bedeutende Lücke, welche nur durch das Zurückgehen auf das definitive Verhalten des bezüglichen Organsystems bei niederen Wirbelthieren ausgefüllt werden kann. Daraus ergiebt sich die hohe Bedeutung dieser Richtung der vergleichenden Neurologie.

Die andere Richtung der Behandlung der vergleichenden Neurologie zielt nach der Erkenntniss des einfachsten Zustandes des Nervensystems der Wirbelthiere und sucht dabei nach Verknüpfungen mit verwandten Wirbellosen. Beim Betreten dieses Weges wird von den niedersten Formen der Wirbelthiere ausgegangen werden müssen, während der andere ersterwähnte seinen Ausgangspunkt bei höher organisirten, d. h. differenzirteren Formen nehmen kann, je nach dem Grade der Ausdehnung, den man der Untersuchung zu geben beabsichtigt. Es ist aber begreiflich, dass die Untersuchung an den niedersten Formen reichere Ergebnisse für die Vergleichung liefern wird, um so mehr als auch von da aus auf die Einrichtungen des Nervensystemes bei der problematischen Stammform der Wirbelthiere geschlossen werden kann.

Die in dieser Beziehung zunächst in Betracht kommenden Fragen dürften sich auf die Vergleichung der Kopfnerven mit den Spinalnerven beziehen. Das Aufsuchen und der Nachweis von Homodynamien ist

Digitized by Google

die aus jener Richtung der vergleichenden Neurologie entspringende Aufgabe.

Das Problem lautet: Lassen sich die aus dem Gehirne entspringenden Nerven nach dem »Typus« der aus dem Rückenmarke entspringenden erklären, und sind erstere demgemäss durch eine Umwandelung von solchen Nerven entstanden nachzuweisen, welche ursprünglich mit den letzteren übereinstimmten?

Diese Fragen sind zugleich Theile eines weit umfänglicheren Problems, jenes der Entstehung des Kopfes der Wirbelthiere. Würde nachzuweisen sein, dass zu der Annahme Grund besteht, die Kopfnerven seien aus Modificationen von nach dem Typus von Spinalnerven sich verhaltenden Nerven hervorgegangen, so würde nicht blos das Gehirn als das modificirte Vorderende eines ursprünglich mit dem Rückenmarke gleichartigen centralen Nervensystemes sich herausstellen, sondern der ganze als Kopf erscheinende Körperabschnitt würde sich auf einen einfacheren Zustand zurück verfolgen lassen, in dem er von dem übrigen Körper nur wenig verschieden sich ergäbe. Dass hiebei auch das Kopfskelet in Betracht gezogen werden muss, ist selbstverständlich. Somit eröffnet sich hier vom Nervensysteme aus der Weg zu einer der wichtigsten Fragen vergleichend-anatomischer Forschung. Auf dem Verfolge dieses Weges wird sich ergeben, ob und welche Aussicht zur Lösung der Frage besteht.

Die Auffassung eines Theiles der Kopfnerven als »nach dem Typus von Spinalnerven« gebauter Nerven ist nicht neu, wenn man auch noch nicht versucht hat, daraus zu weitergehender Untersuchung die Induction zu nehmen. Bei jener Auffassung ist jedoch fast nur die Zusammensetzung des bezüglichen Nervenstammes aus einer sensiblen und motorischen Wurzel maassgebend gewesen, weniger der Verlauf und die Beziehung der Nerven zu seinem Endgebiete. Auch ist man dabei meist nur von den höheren Wirbelthieren ausgegangen, wo doch das primitive Verhalten als durch viele Complicationen am meisten gestört angenommen werden musste. Endlich ist der Frage kaum gedacht worden, ob einer der mit Spinalnerven verglichenen Kopfnerven einem einfachen Spinalnerven entspreche oder einer Summe von solchen, eine Frage, deren Berechtigung kaum abgesprochen werden dürfte.

Indem wir den Versuch wagen, zur Lösung des angedeuteten anatomischen Problems die ersten Schritte zu thun, ist es wichtig, die Wirbelthierabtheilung zu bestimmen, die als Ausgangspunkt zu dienen hat.

Dass es sich hier vor allem um die »Fische« handeln dürfte, ist wohl zweifellos. Allein die Abtheilung derselben kann in Frage kommen. Da bei den Leptocardiern noch kein gesonderter Kopftheil am

Digitized by Google

Körper besteht, werden diese ausgeschlossen werden müssen, wo es sich um Kopfnerven handelt. Auch die Cyclostomen dürften bei unserer Frage ausser Betracht bleiben, denn schon die Organisation ihres Kopfskelets stellt sie weit entfernt von den übrigen Vertebraten, und bietet wenig Aussicht für die Auffindung von festeren Verknüpfungen des Nervensystems mit jenem der höheren Wirbelthiere.

Es bleiben also nur die Gnathostomen übrig, deren Nervensystem ebenso wie fast alle anderen Einrichtungen ihres Organismus nahe Verbindungen aufweist. Die am glänzendsten durch das an sorgfältigen Beobachtungen reiche Werk von Stannius[1]) vertretenen, zahlreichen Untersuchungen über das Nervensystem der hieher gehörigen Fische, Selachier, Ganoiden und Teleostier, haben zwar viele Eigenthümlichkeiten kennen gelehrt, aber zu einer Verbindung derselben sowohl unter sich, als auch mit dem Verhalten der höheren Wirbelthiere war nur selten ein Versuch gemacht worden. Einen neuen Schritt hiezu zu thun veranlasste mich zunächst die Untersuchung der Kopfnerven von Hexanchus griseus, bei dem sich manche Verhältnisse in einer Weise darstellten, dass daraus nicht nur für das Verständniss der bezüglichen Organisation bei höheren Formen erfolgreiche Vergleichungen zu gewinnen waren, sondern dass bezüglich der Beziehungen zu den Spinalnerven weiter vorgedrungen werden konnte[2]).

---

1) Das peripherische Nervensystem der Fische. Rostock 1849, 4.

2) Von der Untersuchung eines Selachiers den Ausgangspunkt zu wählen, bestimmte mich vorwiegend die Beziehung dieser Abtheilung zu den Ganoiden und Teleostiern sowohl, als zu den höheren Wirbelthieren. Wer die Organisation der Selachier mit jener der anderen genannten Abtheilungen der Fische vergleicht, wird nicht blos erkennen, dass bei ersteren in den meisten Einrichtungen niedere Zustände vorliegen, sondern dass auch jene anderen Abtheilungen in ihrer Organisation unverständlich sind, wenn wir sie nicht von dem Verhalten der Selachier ableiten. Nehmen wir das Skelet, so ist es klar, dass wir den knorpeligen Zustand als den Vorläufer des knöchernen setzen müssen, wenn wir wissen, dass Fische mit knöchernem Skelet zuvor ein knorpeliges besassen. Die Ganoiden (ich spreche von den lebenden und nicht von den fossilen) besitzen ein zum grösseren oder geringeren Theile ossificirtes Kopfskelet, welches aus einem rein knorpeligen hervorging. Wenn wir bei anderen Fischen dasselbe knorpelige Kopfskelet persistiren sehen, so ist es nur logisch, diesen Zustand als den niederen anzusehen, und wenn wir derartige Verhältnisse auf ganze Reihen von Organsystemen ausgedehnt finden, so ist es wiederum nur folgerichtig, die Träger jener Organsysteme für die niederen Formen zu halten. Mit Bezug auf die Descendenztheorie ist das so darzustellen, dass wir sagen: die Fische mit knorpeligem Skelet etc. werden sich weniger weit von dem Zustande entfernt haben, der auch den anderen mit knöchernem Skelet als Stammform gedient hat. Dass nicht daran gedacht werden kann, die lebenden Ganoiden etwa von den lebenden Selachiern abstammen zu lassen, ist so

Digitized by Google

In mehr als einem Punkte konnte ich dabei die durch viele andere Forscher aufgedeckten Thatsachen verwerthen und freue mich zugleich zur Ausbildung der früher von mir bezüglich der Kopfnerven geäusserten Auffassungsweise (Grundzüge, 2te Aufl.) manchen verbessernden und umgestaltenden Nachtrag liefern zu können. Aus jener Auffassung der Kopfnerven entsprangen Resultate für die Auffassung des Kopfskeletes der Wirbelthiere. In den Schlussbetrachtungen soll das Hauptsächlichste mitgetheilt werden, indem ich mir vorbehalte, diese für die Genese des Kopfes wichtigen Punkte an einem andern Orte ausführlicher vorzulegen.

2. Untersuchung und Vergleichung.

Die beschreibende Anatomie pflegt die Kopfnerven mit dem Olfactorius und Opticus zu beginnen, über welche ich keine neuen Thatsachen, wohl aber eine die Stellung zu den übrigen Nerven präcisirende Anschauung vorzutragen habe. Sie wird zweckmässiger ihre Stelle weiter unten finden. Auch die Augenmuskelnerven muss ich bei der Vorführung, wenn auch aus anderen Gründen, zurücksetzen, so dass ich mich sogleich zum Trigeminus wenden kann.

Ich finde denselben (Fig. II. *Tr*) aus zwei Stämmen zusammengesetzt, einen vorderen und einen hinteren, beide von annähernd gleicher Stärke, der vordere Stamm (Fig. II. *a*) verlässt das vordere Ende der unteren (ventralen) Fläche der Medulla oblongata, dicht vor der Austrittsstelle des Facialis (*Fa*) in zwei Wurzeln gesondert, die aber so dicht aneinander liegen, dass ihre Trennung nur schwer zu erkennen ist. Nach STANNIUS ist die Scheidung dieser Portionen bei andern Selachiern deutlicher. Dieser so gebildete Stamm begiebt sich schräg nach unten zur Schädelwand, auf welchem Wege er von dem hinteren Stamme (*b*) überlagert wird. Der letztere setzt sich aus zwei sehr deutlich ge-

---

klar, dass es eigentlich keiner Erwähnung bedürfte. Doch scheint Professor ROLLESTON mir so etwas zu imputiren, denn nur dann wird mir verständlich, wenn er in dem in »the Academy« No. 10 u. 11. 1870 über die zweite Auflage meiner Grundzüge publicirten *Syllabus errorum* als mit meiner Auffassung der Selachier unvereinbar erklärt, dass manchen Haien ein Schwimmblasenrudiment zukomme. Mein Fehler ist natürlich um so grösser, als ich dieses Rudimentes in meinem Buche Erwähnung thue. Warum soll, frage ich, an den Selachiern, auch wenn sie der Urform der Fische am nächsten stehen, nicht ein Organ sich rückgebildet haben, das bei den andern sich erhielt? Oder meint der Oxforder Professor vielleicht, dass an den Ganoiden, die er für die älteren Formen hält, gar nichts Rückgebildetes vorkomme?

Digitized by Google

trennten Wurzeln zusammen, einer oberen (α) und einer unteren (β). Erstere beginnt oben, vorne und seitlich an der Medulla oblongata mit einer in den vierten Ventrikel ragenden mächtigen Anschwellung, vereinigt sich dann im Weiterverlaufe mit der unteren Wurzel, nachdem vorher einige Fädchen zum Facialis getreten sind, und bildet einen breiten Nerven, der über den ersterwähnten Stamm zur Schädelwand tritt. In Fig. II ist rechterseits der hintere Stamm von dem von ihm an der Durchtrittsstelle durch die Schädelwand überlagerten vorderen Stamme abgehoben und etwas nach rückwärts gezogen. Die untere Wurzel verlässt die Medulla oblongata durch einen Zwischenraum von der oberen getrennt, dicht über der Facialiswurzel und auch etwas vor und über jener des Acusticus. Sie bildet einen mehr platten Strang, der sich hinter den der oberen Wurzel anschmiegt, so dass beide schon vor der Erreichung der Schädelwand mit einander verbunden sind. Stannius hat die functionellen Verhältnisse dieser Stränge und ihrer Wurzeln bei Selachiern nachgewiesen.

In dem nach aussen zu trichterförmig erweiterten Austrittscanale sind beide Stränge zwar enge aneinander gelagert, aber doch nicht ohne dass sie leicht getrennt werden könnten. Ausserhalb der Schädelhöhle lagert der hintere Stamm über dem vorderen und beide bieten daselbst eine Anschwellung dar, welche das Ganglion Gasseri vorstellt. Darauf scheint zwischen beiden Stämmen ein Faseraustausch stattzufinden, da die fernere Trennung ohne Zerreissen von Nerven nicht gelingen will.

Aus dem gemeinsamen Truncus begiebt sich nach vorne zu der erste Hauptast des Trigeminus, den man als Ramus ophthalmicus zu bezeichnen pflegt[1]). Derselbe nimmt die obere Wurzel des hinteren Stammes auf, deren sensible Natur von Stannius erwiesen wurde. Sie scheint den grössten Theil dieses Ramus vorzustellen, wenn sie nicht denselben ausschliesslich bildet. Er wendet sich gegen die Orbitalfläche des Craniums und verläuft längs derselben in eine Rinne eingebettet, nach vorne (Fig. I. *tt*), um alsbald in einen Canal einzutreten, der an der vordern Hälfte der Orbita beginnt. Dieser Canal tritt schräg nach vorne und aufwärts, durchsetzt so das Cranium und kommt an der Oberfläche auf der Ethmoidalregion zum Vorschein

---

1) Den gemeinsamen Austritt der Trigeminusäste aus dem Cranium besitzen noch Heptanchus die Dornhaie, Scymnus und die Rochen. Bei einer Gruppe von Haien dagegen tritt den Ramus ophthalmicus von dem Hauptstamme gesondert aus dem Cranium. Er begiebt sich durch eine vor und über dem Trigeminusloche in verschiedener Entfernung liegende Oeffnung an die Aussenfläche der Orbitalwand bei Carcharias, Sphyrna, Galeus, Mustelus und den Scyllien.

Digitized by Google

(Fig. I. *b*), wo er sich als Halbrinne parallel mit dem Orbitalrande lateral nach vorne fortsetzt.

Auf seinem Wege giebt der Ramus ophthalmicus zahlreiche Aeste ab. Zuerst entsendet er einen nicht unbedeutenden Ast, der wie bei anderen Fischen der Ciliarnerv (vergl. von Squatina Fig. III. *ci*) zwischen dem M. rectus superior und externus verläuft und sich bald mit einem vom Oculomotorius kommenden Fädchen verbindet. Mit diesem verschmelzend verläuft der Nerv alsdann abwärts in das gallertige Bindegewebe, welches das Ende des Bulbusträgers umgiebt, und senkt sich unter dem verdickten Ende jenes Knorpels zum Bulbus, wo er, in den Bulbus tretend, eine sehr schwache Anschwellung bildet. Die letztere repräsentirt vielleicht ein Ciliarganglion, das von Stannius bei anderen Selachiern vermisst ward.

Das Verhalten dieses Nerven zum Bulbus oculi ist fernerhin ein sehr eigenthümliches. Man sieht nämlich nach der Entfernung des Bulbus aus der Orbita wie von der Eintrittsstelle dieses Nerven an, über der Eintrittsstelle des Opticus ein weisslicher Streif horizontal nach vorne verläuft, durch den man wieder zu einem Nervenstämmchen geleitet wird, das vom Bulbus aus zur vorderen Orbitalwand tritt. Es durchsetzt hier nach Abgabe eines gleichfalls zur Orbitalwand verlaufenden feinsten Zweiges den Ursprung des M. obliquus superior und verläuft im Knorpel aufwärts und vorwärts, um sich schliesslich mit dem lateralen Endzweige des Stammes des Ramus ophthalmicus auf der Oberfläche der seitlichen Ethmoidalregion zu vereinigen.

Die nähere, durch Oeffnung der knorpeligen Sklerotica in Angriff genommene Untersuchung zeigt nun, dass der genannte Ast des Ophthalmicus die Sklerotica durchsetzt. Er durchbohrt die Sklerotica, läuft zwischen dieser und der Chorioidea in einer leichten Furche der ersteren weiter, um die Sklerotica behufs des Austritts zum zweitenmale zu durchbohren. Die Länge des Verlaufs dieses Nerven innerhalb der Sklerotica betrug bei dem von mir untersuchten Exemplar 9 Mm. Nach dem Eintritte gehen einige feine Ciliarnerven ab.

Dieser Nerv verhält sich somit abweichend von dem Befunde bei anderen Selachiern. Es ist klar, dass er dem sogenannten Ramus ophthalmicus profundus entspricht, der bei Acanthias, Carcharias, Raja und Torpedo nach Stannius[1]) »unter dem M. rectus und obliquus superior, dicht an dem Bulbus gelegen« nach vorne verläuft. Wie dieser Ciliarnerven absendet, so treten diese auch von unserem Nerven ab, wenn auch erst nachdem er die Sklerotica durchbohrt hat. Das

1) Op. cit. S. 86.

Digitized by Google

wesentlich Verschiedene läge also hier in der Aufnahme einer Nervenstrecke in den Bulbus oculi. Auch die Vereinigung mit dem Stamme des R. ophthalmicus ausserhalb der Orbita ist als Abweichung anzuführen, da diese Verbindung bei anderen Selachiern schon innerhalb der Augenhöhle zu Stande kommt, nachdem der R. superior einen in der Umgebung der Nasenhöhle sich verästelnden Zweig entsendet hat. Den getrennten Austritt aus der Orbita theilt unter den Ganoiden Accipenser.

Einen Uebergang von dem Verhalten bei Hexanchus und den von Stannius untersuchten Selachiern finde ich bei Centrophorus. Der R. profundus des Ophthalmicus verläuft hier am Bulbus vorüber, verlässt aber selbständig die Orbitalhöhle [1]).

Während seines Verlaufes an der Orbitalwand giebt der Ramus ophthalmicus noch 5—6 feinere Zweige zur oberen Fläche des Schädels ab, wohin sie durch feine gerade aufsteigende Canälchen gelangen. Die Austrittsstelle des Nervenstammes auf der Oberfläche des Craniums entspricht dem hintern Ende der Nasenkapsel. Ausgetreten theilt sich der Nerv in zwei rechtwinkelig divergirende Aeste (Fig. I. *cd*). Der Mediale (*d*) verläuft oberflächlich weiter und endigt mit Verzweigungen an der Schnauzenspitze (Rostrum) des Kopfes. Der laterale Ast (*c*) nimmt seinen Weg in einer flachen Rinne, und tritt seitlich von der Nasenkapsel wieder in einen kurzen Canal, in welchem er zur Unterfläche des Schädels tritt und sich bis gegen einen dem Oberkiefer angelagerten vom untern seitlichen Theile der Ethmoidalregion des Craniums ausgehenden Knorpelfortsatz verzweigt. Von da konnten die feinsten Zweige bis zu der die Labialknorpel deckenden Haut verfolgt werden, also in die Umgegend des oberen Mundrandes.

Es sei hier noch hervorgehoben, dass die erwähnte Beziehung zu einem Knorpelcanal bei den Haien constant ist. Der aus den beiden in der Orbita getrennt verlaufenden Aesten entstehende Stamm verzweigt sich nach dem Austritte aus der Orbita in reiche zu den Ampullen der eigenthümlichen Sinnesorgane verlaufende Fäden, sowie auch vom lateralen Endaste Fäden zu der den ersten (oberen) Labialknorpel bedeckenden Haut zu verfolgen sind.

Das äusserste Ende des ganzen Stammes findet sich demgemäss ausserhalb und entfernter vom Cranium vor den Labialknorpeln, oder, wo diese fehlen, doch an der entsprechenden Stelle des Integumentes. Wo Theile des Nerven oder sogar der grösste Theil desselben noch

1) Die Vereinigung des Ramus profundus mit dem R. superficialis scheint übrigens häufiger zu sein. Nach einer Darstellung von Scarpa kommt sie auch bei Raja vor. (De auditu et olfactu. Ticini, 1789. Tab. I. Fig. 1.)

Digitized by Google

einen weiteren Weg nehmen, wie bei langschnauzigen Haien und Rochen, wo der von mir als Rostrum bezeichnete internasale Theil des Cranium sich weit nach vorne fortsetzt, von starken Zweigen vom Ende des R. ophthalmicus begleitet, werden wir dies als ein secundäres Verhalten aufzufassen haben, da eben die Bildung jenes Rostrums, welche mit dem grössern Verbreitungsbezirke des Nerven in Zusammenhang steht, als eine secundäre Bildung nachgewiesen werden kann [1]).

Bringen wir hiemit in Zusammenhang, dass derselbe Ramus ophthalmicus in anderen Abtheilungen der Fische am Zwischenkiefer seine Endverbreitung empfängt, dass er mit der Ausdehnung des Zwischenkiefers sich bedeutend verlängert, wie das z. B. bei Belone der Fall ist [2]), so wird die Beziehung des Nerven als eine feste erscheinen, wenn man noch Prämaxillare und ersten oberen Labialknorpel als zusammengehörige, und, wenigstens in ganz allgemeiner Beurtheilung als homologe Skelettheile betrachtet [3]). Unter den Reptilien bleiben diese

1) Das Rostrum fehlt den Embryonen der spitzschnauzigen Rochen ebenso wie bei den später mit einem Rostrum versehenen Haien. Die Schädelform der Embryonen aller Selachier (soweit sie bis jetzt bekannt sind) stimmt um so mehr überein, als das betreffende Stadium ein frühes ist. Sie ist durch die vordere Abrundung ausgezeichnet. Unter den Haien erhält sich diese primitive stumpfe Schädelform, soweit ich die Cranien näher untersucht habe, bei Hexanchus, Scymnus, Squatina, Heterodontus, unter den Rochen bei Trygon und Myliobatis. Die Rostrumbildung beginnt bei Heptanchus und Centrophorus, ist bei Acanthias weiter entwickelt, und führt bei Carcharias, Mustelus, Galeus und den Scyllien zu einem ziemlich übereinstimmenden dreischenkeligen Fortsatze. Unter den Rochen ist sie bei Torpedo angedeutet, mehr bei Raja und Rhinobatus, am meisten bei Pristis entwickelt. Differenzen in dem Baue dieses Rostrums gehören nicht hieher. — Gehen wir auf die Grundform zurück, so werden die das Rostrum begleitenden Nervenäste, als erst mit diesem entstanden, d. h. fortgesetzt, angesehen werden müssen, und wo es sich um die Nachweisung des ursprünglichen Nervengebietes handelt, kommen diese Nerven, wie mächtig sie auch immer sein mögen, als blossen Anpassungen entsprechend, nicht mit in Betracht.

2) Vergl. Stannius Op. cit. S. 37.

3) Ueber die Beziehungen der Labialknorpel der Selachier zu den Kieferknochen (Prämaxillare und Maxillare) siehe meine Grundzüge der vergl. Anat. 2te Aufl. S. 645. Anmerk. Ausführliches darüber soll später mitgetheilt werden. Hier sei nur so viel bemerkt, dass die Homologie zwischen dem ersten oberen Labialknorpel und dem Prämaxillare eine bedingte ist. Aus dem Labialknorpel geht nicht das Prämaxillare hervor, etwa durch Ossification des Knorpels, sondern das Prämaxillare entsteht als Beleg auf dem Knorpel. Während der Knochen sich vererbt, geht die knorpelige Unterlage verloren, wie bei allen höheren Wirbelthieren, oder besteht nur in unansehnlichen Resten unter dem Knochen fort, bei manchen Teleostiern. Meine Auffassung ist also dadurch von der Cuvier'schen, die das Richtige schon im Allgemeinen giebt, doch ziemlich verschieden.

Digitized by Google

Verhältnisse fortbestehen und bei den Vögeln ist die Fortsetzung des R. Ophthalmicus als Prämaxillarnerv sogar überaus deutlich, der betreffende Nerv häufig von ansehnlicher Stärke.

Unter den Säugethieren finden wir den Nerven im Ramus ethmoidalis vom Nasociliaris vorgestellt. Die Austrittsstelle des Ethmoidalis aus der Orbita entspricht der Austrittsstelle des Stammes bei den Selachiern. Die auf der Lamina cribrosa bis zur Crista galli verlaufende Strecke ist bei den Selachiern durch den Verlauf des Nerven in einem Canale des Craniums repräsentirt, und der Eintritt in die Nasenhöhle entspricht dem Verlaufe auf der Oberfläche der Nasenkapsel der Selachier. Diese Vergleichung mag wohl recht paradox klingen, und vor Allem mag es mehr als kühn erscheinen, eine bei Selachiern oberflächlich am Cranium verlaufende Nervenstrecke mit einer bei Säugethieren im Innern der Schädelhöhle verlaufenden zusammengestellt zu sehen. Aber doch wird es nicht anders sein, wie wir erkennen, sobald wir uns objectiv der Sache nähern. Dazu mag die folgende Betrachtung führen.

Zum Verständniss der eben aufgestellten Homologie haben wir folgende Punkte uns zu vergegenwärtigen, welche die Veränderungen des Craniums betreffen, die es von dem bei den Selachiern gegebenen Zustande bis zu jenem der Säugethiere erleidet. Erstlich haben wir zu beachten, dass bei den Selachiern ein vollständiges Primordialcranium besteht, bei den Säugethieren dagegen ist es unvollständig, das ganze Schädeldach wird durch neue Gebilde hergestellt. Dann haben wir den so verschiedenen Grad der Ausdehnung der Schädelhöhle zu berücksichtigen und endlich drittens das verschiedene Verhalten der Nasenscheidewand.

Nehmen wir an, dass unter gleichzeitiger Ausdehnung der Schädelhöhle eine Rückbildung des knorpeligen Schädeldaches erfolgt, dass der Schwund des Knorpelcraniums bis zum ersten vom Ramus ophthalmicus der Selachier durchsetzten Canal verläuft, so wird, wenn sich die Schädelhöhle nach vorne zu gegen die Ethmoidalregion vergrössert hat, der bei Hexanchus in einem Knorpelcanal verlaufende Nerv in die Schädelhöhle zu liegen kommen. Die ihn von der Schädelhöhle trennenden Knorpelpartieen sind geschwunden, und die statt des Knorpels das Dach der Schädelhöhle vorstellenden Knochen können, da sie von Aussen her hinzugetreten sind, keine von der Schädelhöhle trennenden Theile abgeben. Das ursprüngliche extracraniale Verhalten des Nerven erhält sich bei den Säugethieren noch dadurch fort, dass er ausserhalb der Dura mater seinen Weg nimmt.

Eine fernere Modification wird durch das Septum nasale hervor-

gerufen. Denken wir uns den bei Hexanchus breiten, zwischen den beiden Nasenkapseln befindlichen Knorpel auf das schmale der Lamina perpendicularis des Siebbeins zu Grunde liegende Knorpelstück reducirt, so werden dadurch die beiderseitigen Nerven einander in demselben Maasse genähert werden. Die auf der knorpeligen Nasenkapsel lateral und median verlaufenden Zweige ergeben sich noch bei den Säugethieren in demselben Verhalten, indem zwei Endäste des N. ethmoidalis auf der knorpeligen Nasenkapsel ihre Bahnen finden, so lange dieser Knorpel fortbesteht. Es ist der Ramus externus narium und der Ramus lateralis, während der Ramus septi narium den Knorpel durchbohrt hat. Der Ramus lateralis behält auch bei den Säugethieren dieselbe Ausdehnung bis zum Prämaxillare, oder doch in die Nähe desselben. Das Gebiet des Nerven findet hier also im vordersten Abschnitte der dorsalen Schädelregion, an die er bis zum vordersten dem Visceralskelete entstammenden Stücke hinab sich verbreitet. Beachtenswerth ist, dass er diesem Skeletstücke niemals mit seinem Stamme aufgelagert ist, sondern dass die zu jenem Theile tretenden Endzweige von oben herabkommen.

Bei Raja ist der mediane Endzweig als N. nasalis anterior externus von Bonsdorff[1]) richtig gedeutet worden. Dagegen wird der laterale Endzweig als N. ethmoidalis (in der Tafelerklärung wohl durch einen Druckfehler als N. frontalis) bezeichnet, womit wohl kein vergleichendes Urtheil ausgesprochen werden sollte.

Der Hauptstamm des »R. ophthalmicus« der Selachier entspricht keineswegs in seinem ganzen Verhalten dem R. ophthalmicus der Säugethiere oder speciell des Menschen. Er ist aber auch nicht blos Nasociliaris, wie Bonsdorff angiebt. Das Verhältniss wird vielmehr so aufgefasst werden müssen. Der Stamm des Ophthalmicus umschliesst bei den Selachiern die bei Säugethieren früher als Aeste abgehenden Theile länger. So lange er Rami frontales entsendet, die bei den Säugethieren zu einem Aste vereinigt, die Orbitalhöhle durchziehen, entspricht er dem Ophthalmicus, und erst bei seinem Verlassen der Orbita tritt er in die Bahn des Nasociliaris, um dann das diesem zukommende Verhalten einzugehen. Daraus kann geschlossen werden, dass der Nasociliaris die Fortsetzung des Hauptstammes des Ophthalmicus ist, dessen beim Menschen als gleichwerthig angegebene Aeste in dieser Beziehung eine secundäre Bedeutung besitzen.

Die eigenthümlichen Verlaufsverhältnisse des R. ophthalmicus führen bei näherer Prüfung zu folgenden Erwägungen. Die Richtung des

1) Acta Societatis Fennicae. T. V. S. 195.

Hauptstammes ist bei den einzelnen Selachiern verschieden. Bald verläuft der Nerv an der Orbitalwand gerade nach vorne, bald steigt er auf diesem Wege etwas empor, je nach der Lage des Canals, durch den der Stamm die Orbita wieder verlässt. Daraus erwächst auch für die vorhin als Rami frontales bezeichneten Zweige einige Verschiedenheit in der Winkelstellung zum Stamme. Wenn letzterer steiler aufsteigt, so gehen sie in spitzen Winkeln ab. Ist dabei das Ende des Stammes nach Abgabe zahlreicher Frontalzweige minder ansehnlich, wie es bei geringerer Ausdehnung des Rostrums und minderer Ausbildung des sensorischen Canalsystems der Fall ist, so kann man den die Orbita verlassenden Stamm einem der Frontalzweige gleich erachten. Wie jeder derselben durchsetzt er den knorpeligen Orbitalrand, und nimmt ferner im Integument seine Verbreitung. Dass er weiter vorne austritt als die Frontaläste, bietet jedenfalls keine wesentliche Verschiedenheit, denn auch die Frontaläste sind unter sich in demselben Maasse verschieden. Der Eintritt eines auf der Nasalregion angelangten Zweiges in einen zweiten Knorpelcanal ist nicht minder bei dieser Auffassung von untergeordneter Bedeutung. Durch die Gleichwerthigkeit der Frontalzweige mit dem aus der Orbita tretenden Stammende wird der Nerv zu einem d o r s a l verlaufenden gestempelt, und die mit der Ausdehnung des Verbreitungsgebietes nach vorne zu stattfindende Ablenkung des Stammes von der rein dorsalen Richtung kann als eine Anpassung aufgefasst werden, die mit der allmählichen Ausbildung des vorderen Abschnittes jenes Endgebietes erfolgt.

Damit tritt der R. ophthalmicus in Ungleichwerthigkeit zu den beiden andern Hauptästen des Trigeminus.

Der R a m u s m a x i l l a r i s s u p e r i o r kommt bei Hexanchus aus dem gemeinsamen Stamme (Fig. II. *Tr*) des Trigeminus, mit dessen drittem Aste er inniger verbunden ist, als mit dem Ramus ophthalmicus. Der Stamm (*e*) verläuft alsbald auf dem Boden der Augenhöhle und zwar dem Oberkieferknorpel aufgelagert nach vorne, seitlich und abwärts, liegt eine Strecke weit in einer Furche, welche lateral an einem aufwärtssehenden Fortsatze des Oberkieferknorpels sich darbietet, und tritt mit seinem grössten Theile (Vergl. Fig. I) in einem Einschnitte, welcher unterhalb des Knorpels der Ethmoidalregion seitlich längs eines Knorpelfortsatzes verläuft, nach aussen zur unteren Fläche der Schnauze.

Die bis dahin abgehenden Aeste sind theils solche, welche gleich am Beginne des Nerven abgehen, theils solche, die kurz vor dem Austritte aus der Orbita entspringen. Von ersteren sehe ich drei (Fig. I. *f*), an Stärke vom ersten bis zum dritten abnehmend. Sie theilen sich sehr

Digitized by Google

bald, um sich untereinander plexusartig zu verbinden. Sie verlaufen gleichfalls über den Oberkieferknorpel, der erste ganz nahe dem Ramus tertius Nervi trigemini angelagert, dann treten sie über einen schlanken mit einer platten Endsehne zu dem vorerwähnten Fortsatze der Ethmoidalregion gelangenden Muskel hinweg, in die Haut der oberen Mundwinkelfalte, wo sie sich nach aussen von den hier liegenden Labialknorpeln verzweigen.

Diese Nerven entsprechen dem R. buccalis der bei anderen Selachiern, auch bei Chimaera und vielen Teleostiern vorkommt. Mit Beziehung hierauf ist das Verhalten bei Hexanchus deshalb von Interesse, weil es statt des Einen Stammes eine Anzahl kleinerer Aeste darbietet, so dass die Bildung jenes Stammes aus der Vereinigung dieser einzelnen Aeste entstanden angesehen werden kann. Dicht vor dem Austritte aus der Orbita treten vom Stamme des Maxillaris superior wiederum einige Bündel feiner Nervenstämmchen ab, die sich ebenfalls zur Haut über dem Mundrande vertheilen.

Der aus der Orbita an die Unterfläche der Ethmoidalregion getretene Nervenstamm wendet sich vorwärts und median hinter der Nasenkapsel, um sich nach beiden Seiten zu den hier zahlreich lagernden Gallertröhren zu verzweigen. Vor diesem Verlaufe giebt er ein laterales Aestchen ab, welches seitlich von der Nasenkapsel sich verbreitet.

Die Vertheilung vieler Zweige dieses Nervenstammes findet zwar in der Nähe der hier in einer Oberlippenfalte eingebetteten beiden Labialknorpel statt, allein der Hauptstamm tritt immer an der Unterfläche der Schnauze entlang, so dass dieses Ende als das bedeutendste angesehen werden kann. Damit stimmen auch die von Stannius über andere Selachier gemachten Angaben. Von Bonsdorff ist dieser Nerv in seiner Fortsetzung längs der unteren Seite des Rostrums von Raja als Sphenopalatinus aufgeführt worden und der fernere Verlauf als Nasopalatinus; ich glaube, dass einiger Grund zur Vergleichung mit den gleichnamigen Nerven der höheren Wirbelthiere nachgewiesen werden kann.

Es erhebt sich nun die Frage, wo der bei den höheren Wirbelthieren bestehende Infraorbitalis, der bei diesen als die Fortsetzung des Hauptstammes erscheint, zu suchen sei. Die Buccaläste geben bei Hexanchus keinen Anhaltepunkt. Es werden vielmehr Beziehungen zu Skelettheilen aufgesucht werden müssen, und da ist es der zweite obere Labialknorpel, der in Betracht kommen muss, nachdem sich dieser mir als der Vorläufer des Oberkieferknochens ergeben hatte. Da bei Hexanchus der zweite obere Labialknorpel dicht dem ersten angeschlossen liegt und beide relativ unansehnliche Gebilde sind, wird ein

Digitized by Google

Hai mit ausgebildeterem Labialknorpelsysteme dem etwaigen Nachweis eines dem Infraorbitalis homologen Nerven am besten dienen können. Squatina erfüllt diese Bedingungen. Der Stamm des Maxillaris superior (Fig. III. *Tr''*) verläuft hier median von dem gegen die Schädelbasis gerichteten Gelenkfortsatze des Oberkieferknorpels nach vorne aus der Orbita und theilt sich alsbald in drei Aeste. Zwei (*c*) wenden sich aufwärts an die untere Fläche der Nasenkapsel an der einer mehr median, der andere mehr lateral sich vertheilt. Der dritte (*a*) nimmt seinen Weg in einer Hautfalte zum zweiten oberen Labialknorpel (*Lk'*), über den er nahe an dessen Verbindungsstelle mit dem Oberkieferknorpel hinwegläuft, um nunmehr zwischen den beiden oberen Labialknorpeln (*Lk*, *Lk'*) bis zum Mundwinkel hin sich zu vertheilen. Von da geht noch ein feiner Zweig zur Haut über, welche den unteren Labialknorpel überzieht. In diesem zu den oberen Labialknorpeln tretenden Nerven wird der Infraorbitalast des Ramus maxillaris superior erkannt werden müssen, sobald wir an der Annahme festhalten, dass der zweite obere Labialknorpel dem Maxillare in analoger Weise entspricht, wie der erste obere Labialknorpel dem Prämaxillare. Dass das Prämaxillare resp. der erste obere Labialknorpel hier zugleich vom Ramus maxillaris superior und nicht vom R. ophthalmicus N. trigemini versorgt wird, ist nicht nur aus der Lagerung dieses Theils bei Squatina erklärlich, wo mit der relativ geringen Entwickelung des Cranium, besonders des Ethmoidaltheiles desselben der erste Labialknorpel weiter als sonst vom Cranium entfernt liegt, sondern es wird dieses Verhalten auch dadurch begreiflich, dass der R. ophthalmicus einen dorsalen Zweig repräsentirt. Die oben hervorgehobene Beziehung des Ophthalmicus zum Prämaxillare giebt sich damit ungeachtet ihrer Verbreitung in ihrer secundären Bedeutung kund. Sie erscheint nur da, wo das Prämaxillare, oder der erste obere Labialknorpel dem typischen Endgebiete des R. ophthalmicus nahe gelagert ist, und fehlt, wo jene Nachbarschaft nicht besteht. Bei Centrophorus, der ebenfalls alle drei Labialknorpel besitzt, ist ein ähnliches Verhalten zu beobachten, doch ist der Infraorbitalis ein ganz schwacher Zweig im Verhältniss zum Stamme des Maxillaris superior, der sich mit seiner Hauptmasse in zwei Aesten zu den an der Unterfläche der Ethmoidalregion gelagerten Sinnesorganen des Integumentes begiebt. Wir sehen hier zugleich, wie die Ausbildung einzelner Theile die relativen Volumverhältnisse der Nervenstämme beeinflusst, so dass derselbe Nerv in dem einen Falle als Zweig des Hauptstammes erscheint, während er in dem anderen den Hauptstamm selbst vorstellt, der in einem Zweige den andernfalls bestehenden Hauptstamm erkennen lässt. Man wird daran aber auch ersehen,

Digitized by Google

wie sehr die Volumsverhältnisse für die Vergleichung in den Hintergrund zu treten haben.

Je nachdem wir hier die zur Unterfläche der Ethmoidalregion tretenden Aeste, dort den zu dem zweiten oberen Labialknorpel gelangenden vorwiegen sehen, wird Zweifel entstehen können, welcher Ast als der ursprüngliche Hauptast, als die Fortsetzung des Stammes des Maxillaris superior anzusehen sei. Wer auf das Volum das grössere Gewicht legt, wird also in dem einen Falle den einen, in dem anderen den andern Ast als Hauptast betrachten, und, damit befriedigt, der weiteren Forschung entsagen. Wir werden also von jener Betrachtungsweise Umgang nehmen, und vielmehr die morphologische Dignität der Organe prüfen, für welche die Endverbreitung der fraglichen Aeste bestimmt ist. In dieser Beziehung müssen die schon bei den Selachiern ausserordentlich schwankenden Sinnesapparate des Integumentes gegen die mit Skelettheilen in Beziehung stehenden Theile gar weit zurücktreten, denn die constanteren Verhältnisse sind an den Labialknorpeln gegeben, und sie gehören zu den ererbten Einrichtungen, indess die Sinnesorgane des Integuments, wie Gallertröhren u. s. w. secundäre durch Anpassungen entstandene Gebilde sind. Wenn man Letzteres auch in Zweifel ziehen möchte, so kann man doch die Bedeutung der Labialknorpel noch durch das Gewicht vermehren, welches durch die Beziehungen derselben zu Skelettheilen der höheren Wirbelthierabtheilungen nothwendig entsteht.

Durch diese Folgerung kommen wir zum Schlusse, dass der über den zweiten oberen Labialknorpel tretende Infraorbitalis als Fortsetzung des Hauptstammes des Maxillaris superior zu gelten hat. Wir können ihn so als Nerv des zweiten oberen Labialknorpels ansehen, oder da er sich seitlich auch noch auf den unteren Labialknorpel fortverfolgen lässt, als Nerv des durch jene beiden Knorpel gebildeten Bogens. Durch die Entsendung eines Zweiges an den ersten obern Labialknorpel tritt der Nerv in eine intercrurale Beziehung, welche in einstimmender Weise auch an den übrigen, zu Bogen des Visceralskelets verlaufenden Nerven besteht. In demselben Maasse, als wir diese Bedeutung für den gesammten Maxillaris superior voranstellen, werden wir jene Auffassung diesem gesammten Nervenstamme übertragen können, und die übrigen Verzweigungen in zweite Reihe ordnen.

Der Ramus maxillaris inferior ist etwas schwächer als der zweite Ast des Trigeminus; er setzt sich innerhalb der Orbita aus zwei Portionen zusammen. Die grössere ist die Fortsetzung des oberen, bei den Wurzeln des Trigeminus als vorderer Stamm bezeichneten Abschnittes, der aus den vorderen Strängen der Medulla oblongata aus-

Digitized by Google

tritt. Mit dieser verbindet sich als kleinere Portion ein vom Anfange des zweiten Trigeminusastes kommender Nervenzweig, welcher mit der grösseren Portion sich innig vereinigt. Wahrscheinlich werden hiedurch der motorischen Portion sensible Fasern zugeführt. Der so gebildete Stamm (*h*) des Maxillaris inferior verläuft, anfänglich eng an den ersten Buccalast des Maxillaris superior angelagert, quer durch den hinteren Theil der Orbita nach aussen, legt sich auf den oberen Rand des Oberkieferknorpels (*K*) und verläuft aussen auf dem Hebemuskel des Unterkieferknorpels nach hinten und abwärts zur Gegend hinter dem Mundwinkel. Unterwegs hat er dem Muskel bedeutende Aeste abgegeben. Von da an tritt bald auf den Unterkieferknorpel der vordersten Zahnreihe genähert, und verzweigt sich hier beiderseits in der Haut und der Mundschleimhaut bis zur Medianlinie hin. Da dieser Nerv in überaus deutlicher Weise dem Ober- und Unterkieferknorpel folgt, giebt er sich als der Nerv dieser Theile, die wir auch als einen Visceralbogen auffassen können, und damit als der Nerv des Kieferbogens zu erkennen.

Bezüglich der Augenmuskelnerven habe ich für die Austrittsstellen aus dem Gehirne und für die Endvertheilung den bereits bekannten Verhältnissen gegenüber keine bemerkenswerth abweichende Angabe zu machen. Vom Oculomotorius (Fig. I. *om*) kann hervorgehoben werden, dass er, obwohl vor dem Trigeminus die Schädelwand durchsetzend, ausserhalb des Schädels unter den ersten Trigeminusast zu liegen kommt. Von demselben Nerven ist bereits oben der Abgabe eines feinen Zweiges zu einem zur Sklerotika tretenden Aestchen des R. ophthalmicus Erwähnung geschehen. Nach seinem Austritte aus der Schädelwand schickt er Zweige zum M. rectus superior und internus, wendet sich zwischen dem ersteren und dem R. externus in die Tiefe, versorgt den R. inferior mit einem Zweige und endet im Obliquus inferior. Einen selbständigen Ramus ciliaris, der von Stannius bei andern Selachiern gesehen wurde, habe ich vermisst.

Für den, wie bekannt, sehr hoch oben die Schädelwand durchsetzenden Trochlearis (*tr*) ist beachtenswerth, dass er nach seinem Austritte gleichfalls unterhalb des R. ophthalmicus liegt, dessen Verlauf er kreuzt. Eine Verbindung des Trochlearis mit dem Trigeminus, deren Miklucho bei Scymnus und Scyllium gedenkt[1]), habe ich nicht wahrgenommen. Der Trochlearis ergab sich mir an jener Kreuzungsstelle nur durch Bindegewebe mit dem R. ophthalmicus in Zusammenhang.

---

1) Jenaische Zeitschrift Bd. IV. S. 556.

Digitized by Google

Eine solche Lagerung zu andern Kopfnerven zeigt auch der Abduceus, der anfangs unter dem Facialis und Acusticus gelegen, und unter diesen die Schädelhöhle verlassend, die Schädelwand schräg nach vorne zu durchbohrt, um wieder unterhalb des Trigeminus und zwar unter der Austrittsstelle desselben zur Orbita zu gelangen. (Vergl. von Squatina Fig. III. *ab*). So untergeordnet diese Thatsachen an sich scheinen mögen, so wichtig sind sie für die Vergleichung dieser Nerven, worauf am Schlusse dieser Arbeit eingegangen werden soll. Hier sei nur noch das bemerkt, dass zur Deutung des hervorgehobenen Austrittes der Augenmuskelnerven in ihrer Lagerung zum Trigeminus der Umstand nicht hinreicht, dass wir es eben mit motorischen Nerven zu thun haben, die, da sie von vorderen Strängen der Medulla oblongata hervorgehen, also unterhalb des sensiblen Nervenursprungs, auch unterhalb solcher Nerven zu liegen kommen müssen, und unterhalb derselben auch ausserhalb der Orbita verlaufen. Das mag für Oculomotorius und Abduceus passen, aber nicht passt es für den Trochlearis, insoferne dieser, der eine dicht neben dem andern, aus dem Hirndache zwischen Zwischenhirn und Mittelhirn hervortritt[1]. (Nach STANNIUS aus den crura cerebelli ad corpora quadrigemina). Der Nerv besitzt so, wenigstens bei seinem Austritte aus dem Gehirne, eine obere Lagerung, und man sieht nicht ein, warum er nicht ebenso gut über den R. ophthalmicus hinweg zur Endverbreitung im Obliquus superior gelangen sollte, wenn der constante Verlauf unterhalb des R. ophthalmicus nicht eine tiefere Begründung besässe.

Die in den unteren Abtheilungen der Wirbelthiere sehr verbreitete Verbindung der Wurzeln des Trigeminus mit jener des Facialis hat vielfach eine Verknüpfung der Beschreibung beider Nerven veranlasst. Bei Hexanchus zeigt der Nerv in Beziehung auf den Trigeminus ein gesondertes Verhalten, wie bei allen Selachiern, aber auch das bekannte Verhalten zum Acusticus. Dicht vor diesem gelagert verlässt der Facialis (Fig. II. *Fa*) das Gehirn, überlagert von der unteren Wurzel des hinteren Stammes des Trigeminus, die hier ein plattes

1) Die Austrittsstelle (ich vermeide absichtlich die übliche aber zuviel sagende Bezeichnung: Ursprungsstelle) des Trochlearis aus dem Gehirne ist für die Deutung des Gehirns der Fische von Wichtigkeit gewesen, indem man darauf hin das Mittelhirn der Fische als Cerebellum auffasste. MIKLUCHO hat bei seiner Deutung des sogenannten Cerebellums der Fische als Mittelhirn, der ich vollkommen beipflichte, die durch den Trochlearis sich darbietende Schwierigkeit für zu gering geschätzt, und auf keinen Fall ist sie durch die von ihm aufgeführten Gründe (Jenaische Zeitschrift Bd. IV. S. 556) hinweggeräumt. Sie besteht so lange als für die angenommene Wanderung des Trochlearis nicht Uebergangsstufen nachgewiesen sind.

Digitized by Google

Nervensträngchen ihm anfügt. Wir können demgemäss für den Facialis zwei Wurzeln annehmen, eine stärkere vor dem Acusticus austretende und eine schwächere vom Trigeminus ihm zugetheilte. Beide verbinden sich vor einer noch innerhalb der Schädelhöhle gelegenen Anschwellung. Der Nerv tritt dann dicht vor den Acusticus in einen kurzen die Schädelwand quer durchsetzenden Canal, und wendet sich von seiner Austrittsstelle an die Schädelwand angelagert nach hinten. Dicht an der Austrittsstelle geht von ihm der Ramus palatinus ab (Fig. I. *k*) von einer zweiten Anschwellung, deren auch STANNIUS gedenkt. Ich lasse ihre Gangliennatur, die der genannte Autor für andere Haie nachgewiesen hat, für Hexanchus ebenso in Frage wie die der ersten.

Der Nervus palatinus begiebt sich fast senkrecht abwärts zum Gaumen, wo er sich wie bei andern Fischen verbreitet. Auf dem Wege zur Gaumenschleimhaut kreuzt der N. palatinus den Stamm der schräg vor ihm zur Basis cranii verlaufenden Vena arteriosa (Fig. I. *V. a*) der Spritzlochkieme.

Nach Abgabe des N. palatinus verläuft ein feiner Zweig (Fig. I. *o*) auf der Wand des Spritzlochcanals nach aussen, und ist mit Mühe bis zu der Stelle verfolgbar, wo innerhalb die Kiemenblättchenreihe angebracht ist. Relativ stärker finde ich diesen Zweig bei Haien mit weiterem Spritzloche (Centrophorus, Scymnus). Er verläuft hier an der Basis der in Mehrzahl vorhandenen Spritzlochknorpel, welche aus Kiemenstrahlen hervorgegangen sind.

Der Stamm des Facialis (Truncus hyoideo-mandibularis nach STANNIUS) tritt nun hinter dem Spritzloch, zwischen ihm und dem oberen Stücke des Zungenbeinbogens (Hyomandibulare) nach aussen, und entsendet zwischen Hyomandibulare und Oberkieferknorpel (Palatoquadratum) gelagert den Ramus mandibularis externus (Fig. I. *n*). Dieser tritt quer über den hintern die Articulation mit dem Unterkiefer bildenden Theil des Oberkieferknorpels hinweg zur Haut des Unterkiefers (R. mandibularis externus), wo sich einzelne Fäden mit dem R. maxillaris inferior trigemini in Verbindung setzen. Die Fortsetzung des Facialis (*m*) vertheilt sich als Ramus hyoideus (R. mandibularis internus s. profundus) in der Zungenbeingegend, in einen Haut- und einen Muskelast gesondert, deren bereits STANNIUS [1]) bezüglich ihrer Endbezirke ausführliche Erwähnung that. Da diese Verbreitung für unsere Zwecke unwichtig ist, so kann ihre Beschreibung unterlassen werden.

Ich habe diesen Nerven nach dem Vorgange anderer Anatomen von seinem Beginne an als Facialis aufgefasst, wobei ich mich minder auf

1) l. c. p. 65.

Digitized by Google

seine Verbreitung an respiratorische Muskeln, wie solches vorzüglich von BÜCHNER, auch von STANNIUS geschieht, als auf die Beziehung zu den benachbarten Hirnnerven und den Verlauf des Stammes stützte. BONSDORFF bezeichnet ihn bei Raja als dritten Ast des Trigeminus. Die Zusammenstellung dieses Nerven mit dem gleichnamigen der Säugethiere, den man als rein motorischen anzusehen gewöhnt ist, unterliegt bei der gemischten Natur des Facialis der Selachier einigen Bedenken. Diese werden sich mindern, wenn wir, abgesehen von der Frage bezüglich des Ganglion geniculi, in Erwägung ziehen, dass, ebenso wie bei der Vergleichung der Verzweigung eines und desselben Nervenastes bei verschiedenen Thieren, Haut- und Muskelzweige in sehr verschiedenen Stärkeverhältnissen sich ergeben, in einem andern Falle die einen oder die andern Zweige derart zurückgetreten sind, dass der sonst gemischte Nerv nur den einen oder den andern Charakter trägt, oder endlich sogar ausschliesslich als sensibler oder motorischer Nerv erscheint. Wir werden das dann so beurtheilen, dass wir die eine oder die andere Abtheilung des Nerven nach Rückbildung ihres bezüglichen Endgebietes als gleichfalls rückgebildet und geschwunden ansehen. Demnach kann es nichts Befremdendes haben, wenn ein in unteren Abtheilungen der Wirbelthiere gemischter Nerv in einer höheren Abtheilung als rein oder doch überwiegend motorischer Natur erscheint.

Was den Ramus palatinus betrifft, so wird bei der Frage nach dessen Bedeutung vor allem von den Beziehungen dieses Nerven bei den Teleostiern abgesehen werden müssen. Durch die Verbindung des Facialisstammes mit dem Trigeminus, die bei Einigen derselben schon beim Austritte aus dem Cranium stattfindet, sowie durch den bei den meisten Knochenfischen gleich nach dem getrennten Austritte beider Nerven stattfindenden Eintritt eines Ramus communicans trigemini zum Facialis, endlich durch das so sehr verschiedene Verhalten des N. palatinus selbst[1]) ist in dieser Abtheilung kein sicherer Ausgangspunkt für die fragliche Beurtheilung zu gewinnen. Da wir den genannten Nerv bei den Selachiern allgemein als einen Ast des Facialis sehen, wird er von da aus nur einem von demselben Nerven abgezweigten Aste verglichen werden dürfen.

Demzufolge wird an den N. sphenopalatinus nicht zu denken sein. Näher stellt sich uns dagegen der N. petrosus superficialis major der Säugethiere, an den STANNIUS mit Recht erinnert, indem er aber die zuerst von BIDDER gemachte Angabe vom Verlaufe des genannten Nerven zum Maxillaris superior, oder vielmehr in die Bahn desselben

1) Vergl. darüber STANNIUS op. cit. p. 55.

Digitized by Google

(Sphenopalatinus) als noch nicht gesichert betrachtet, erklärt er die Frage für unerledigt. Ich möchte dieser Meinung beipflichten und die Feststellung einer Homologie des N. palatinus der Selachier (nicht der Teleostier, bei denen der N. palatinus wenigstens theilweise dem N. sphenopalatinus zu entsprechen scheint) mit dem N. petrosus superficialis major erst dann für reif erklären, wenn die Beziehungen des letzteren Nerven zum Ganglion sphenopalatinum, resp. zu den aus demselben austretenden Gaumenmuskelnerven festgestellt sind [1].

Was das Verhalten des Facialis zum Visceralskelete betrifft, so erscheint dieser Nerv als vorwiegend dem Zungenbeinbogen angehörig. Diesem folgt der Hauptstamm, während an den vorhergehenden Bogen (den Kieferbogen) nur Zweige treten.

Der Glossopharyngeus verlässt bei Hexanchus die Medulla oblongata vor dem Vagus und etwas unterhalb desselben, näher der Medianlinie (Fig. II. *Gp*). Vom Acusticus ist die Austrittsstelle durch einen ziemlichen Zwischenraum getrennt [2]. Der Nerv verläuft innerhalb der Schädelhöhle schräg nach aussen und hinten und tritt in einen unterhalb des Labyrinthes verlaufenden Canal, der ihn am hinteren seitlichen Theile des Craniums ausleitet. Der in den Canal eintretende Nerv, an Stärke bedeutend geringer als der Oculomotorius, hat während seines Verlaufes durch den Knorpelcanal im Dickedurchmesser auffallend zugenommen, was nicht etwa auf Rechnung der hinzugetretenen Nervenscheide gesetzt werden kann. Stannius, der dieses Verhalten sowohl bei Selachiern als bei Knochenfischen fand, giebt an, dass bei einigen Fischen die Quelle dieser Massenzunahme »in dem Zuwachs von Elementen zu suchen ist, die der Grenzstrang des N. sympathicus dem Glossopharyngeus zuführt«. Bei Hexanchus hat dieses sicher keine Geltung, vielmehr möchte die Zunahme in den auf die letzte Hälfte des Verlaufs des Nerven im Knorpelcanal bestehende Ganglienbildung ihre Ursache haben, durch welche die Nervenbahn neue Elemente erhält.

---

1) Die Thatsache, dass bei Facialis-Lähmung auch die Gaumenmusculatur der betroffenen Seite sich gelähmt zeigt, spricht zwar für jene Beziehung des vom Facialis kommenden N. petrosus sup. major zu dem N. palatinus, allein sie kann deshalb noch nicht für unsere Zwecke verwerthet werden, weil es sich hier um motorische Nerven handelt, indess der N. palatinus der Selachier, wie aus seinem Verbreitungsbezirke in der Rachenschleimhaut hervorgeht, ein sensibler Ast ist. Anders würde sich die Sachlage gestalten, wenn in ihm auch motorische Elemente nachgewiesen werden könnten.

2) Das Verhalten an der Unterfläche der Medulla oblongata ist bei Miklucho-Maclay l. c. Tab. II, Fig. 9 dargestellt. Ich beziehe mich auf dieselbe, da das der Abbildung zu Grunde gelegene Präparat mir vorliegt.

Digitized by Google

Obgleich der Stamm des aus dem Schädel getretenen Nerven stärker ist als die Wurzel, so ist er doch etwas schwächer als die eingeschlossene letzte Strecke, auf welche also die Ganglienbildung vertheilt sein wird[1].

Auf dem Wege durch das Cranium und zwar von dem letzten Dritttheile dieses Abschnittes, entsendet der Nerv einen von STANNIUS bei Acanthias und Carcharias erkannten freien Ramus dorsalis ab, der hinter dem hintern Bogengange des Labyrinthes in einem besondern Canal eingeschlossen das Cranium durchsetzt und sich in der Haut nahe den zum Gehörorgane führenden Löchern verbreitet.

Nach dem Austritte aus dem Cranium geht der Glossopharyngeus eine Theilung in mehrere Aeste ein. Er schickt einen Zweig abwärts zum Pharynx, und sendet ferner einen Ast (α) zum Zungenbeinbogen (Z), der sogleich dicht an das Hyomandibularstück dieses Bogens tritt, um an der Hinterfläche der am Zungenbeinbogen aufgereihten Knorpelstrahlen zu verlaufen. Die Fortsetzung des Nervenstammes tritt in der Richtung des austretenden Nerven zum ersten Kiemenbogen (1), längs dem er vor der Knorpelstrahlenreihe seinen Verlauf und seine Verzweigung findet. Durch dieses Verhalten stellt sich der Glossopharyngeus als hauptsächlichster Nerv des ersten Kiemenbogens dar.

Während in dem Verhalten der bisher aufgeführten Nerven bei Hexanchus im Vergleiche mit den vorzüglich von STANNIUS untersuchten Selachiern minder bedeutende Verschiedenheiten hervorzuheben waren, so stellten sich andere Ergebnisse bezüglich des V a g u s dar. STANNIUS[2]) sagt: »Bei allen untersuchten Knochenfischen besitzt der N. vagus mit Einschluss des Seitennerven, zwei ganz discrete Wurzelportionen von beträchtlicher Stärke.« »Mit diesem Verhalten stimmt auch Accipenser überein und die untersuchten Plagiostomen: Carcharias, Spinax und Raja bieten keine wesentliche Abweichung dar.« »Die e r s t e d e r b e i d e n W u r z e l p o r t i o n e n besteht immer aus einem einzigen Bündel. Sie entspringt nicht nur weiter vorwärts, sondern beständig auch höher aufwärts als die zweite, deren Ursprung demnach nicht nur weiter nach dem hinteren Kopfende zu, sondern auch der Basis der Medulla oblongata näher liegt. Bei ausschliesslicher Berück-

1) Auf die Verhältnisse der Ganglien der Kopfnerven, speciell der Selachier werde ich bei einer anderen Gelegenheit näher eingehen können. Da die wenigen mir zu Gebote stehenden Exemplare von Hexanchus für die mikroskopische Untersuchung kein passendes Object waren, musste ich bei dieser Gattung von der Untersuchung abstehen. Für die in vorliegender Arbeit gesetzte Aufgabe dürfte daraus kaum ein Hinderniss entstanden sein.

2) Op. cit. p. 80 ff

sichtigung dieser Lagenverhältnisse könnte man versucht werden, die zweite Wurzelportion eine vordere, die erstere, höher entspringende, dagegen eine hintere Wurzel des N. vagus zu nennen.« »Die zweite Wurzelportion des Vagus ist gewöhnlich bedeutend stärker als die erste, sie kommt tiefer abwärts, und weiter hinterwärts: d. h. dem Ende der Schädelhöhle näher aus der Medulla oblongata.« »In der Regel wird diese zweite Wurzelportion aus mehreren kurzen Strängen zusammengesetzt, welche zu einem gemeinsamen Wurzelstrange sich vereinigen.« Zwei dickere Stränge fand Stannius bei Zoarces, Gadus, Lota, Silurus, zwei ungleich starke Stränge bei Esox; drei bei Cottus und Scomber; vier bei Cyclopterus; fünf bei Belone, Pleuronectes, Salmo. Bei Cyprinus sind 6—8 kurze Stränge vorhanden. Man sieht ausser den Fasern, die von dem Lobus vagi absteigen, andere die von der unterliegenden Medulla oblongata kommen. Fünf stärkere Stränge wurden bei Accipenser gezählt, zu denen noch mehrere feinere hintere höher aufwärts entspringende Stränge hinzutreten. Bei Raja clavata beläuft sich die Zahl dieser Stränge auf 24—28, während bei Spinax acanthias nur 4 beträchtlichere Stränge wahrgenommen werden.«

Was diesem sehr mannichfaltigen Verhalten gegenüber Hexanchus betrifft, so ist zunächst zur Unterscheidung einer vorderen und einer hinteren Wurzelportion kein anatomischer Anhaltepunkt gegeben. Die Vaguswurzeln bilden eine continuirliche Reihe, welche dicht hinter der Glossopharyngeus-Wurzel, aber über derselben zur Seite der Medulla oblongata austritt, und hinter dem Calamus scriptorius fortgesetzt ist. (S. Fig. I u. Fig. II). Die einzelnen Wurzeln nehmen dabei von vorne nach hinten stufenweise ab, so dass die hintersten dem unbewaffneten Auge kaum sichtbar sind. Dabei gewinnen die Zwischenräume an Ausdehnung. Sämmtliche Wurzeln sind an der Austrittsstelle aus dem Cranium zusammengetreten und bilden Einen Nervenstamm (*Vg*).

Die Zahl dieser Wurzeln ist schwer genau feststellbar, da die stärkeren vorderen auf ihrer Oberfläche Trennungsspuren in Gestalt von leichten Furchen aufweisen. Streckenweise kann man in diese Furchen leicht eindringen und so eine Trennung darstellen, welche an einzelnen Stellen ohne die geringste Gewalt ausführbar ist. Vorne wie hinten verschmolzene Nervenstränge sind also auf einer Strecke hin discret. Ein anderer Wurzelstrang ist aus zwei getrennt austretenden entstanden, und wieder ein anderer theilt sich und verbindet eine Portion der vorhergehenden, eine andere der nachfolgenden Wurzel.

Da diese an zwei Gehirnen untersuchten Verhältnisse nicht blos nach den Individuen, sondern auch nach den beiden Seiten des-

Digitized by Google

selben Gehirnes verschieden sich herausstellten, so ist wohl kaum ein Zweifel daran, dass in dieser streckenweisen Verbindung einzelner Stränge nur untergeordnete Verhältnisse ausgedrückt sind.

Von den stärkeren Strängen kann ich fünf bis sechs zählen, der schwächeren, inclusive der feinsten, etwa ebensoviel, wobei jedoch das oben von der Trennung und dem Zusammentreten der Stränge Gesagte berücksichtigt werden muss.

Die hinteren feinen Stränge setzen sich dicht an der Austrittsstelle meist wieder aus noch feineren Fädchen zusammen. Die Austrittsstellen dieser Fädchen nähern sich um so mehr der oberen Medianlinie der Medulla oblongata, je weiter nach hinten sie entspringen (vergl. Fig. II), ein Verhalten, welches mit dem Sinus rhomboidalis insofern in Zusammenhang steht, als es genau der allmählichen Näherung der Ränder dieses Sinus entspricht. Die hinter den Calamus scriptorius entspringenden Fädchen sind demnach von der Medianlinie des Rückenmarks ebensoweit als die zur Seite der Rautengrube hervorgehenden von dem Rande der letzteren entfernt. Als ferner beachtenswerth kann noch hervorgehoben werden, dass jene hinteren Wurzelfädchen anfänglich schräg nach vorne zu verlaufen, um die nächstvorhergehenden zu gewinnen, mit denen sie zusammengeschlossen den Weg nach hinten und aussen zur gemeinsamen Austrittsstelle des Complexes der Vaguswurzeln aufsuchen.

Mit den reihenweise austretenden Wurzeln des Vagus darf ein Verhalten der Medulla oblongata in Zusammenhang gebracht werden, nämlich die »perlschnurförmig aneinander gereihten Erhabenheiten«, welche den Haien allgemein zukommen, aber den Rochen fehlen. Sie liegen nicht, wie Stannius[1]) für andere Selachier angiebt, am Boden der Rautengrube, sondern genau an der Seitenwand und zwar nicht blos bei Hexanchus, sondern auch bei anderen Haien. Diese Erhabenheiten, deren bei Hexanchus sechs bestehen (vergl. Fig. II. *g*), gehören einem Längsstrange an, der vom Calamus scriptorius aus die Rautengrube[2]) oben und hinten begrenzt, und in die hinteren Rückenmarkstränge übergeht. Dieser Strang (*s*) verdoppelt sich nach vorne zu, durch Spaltung in einen oberen (*s'*) und unteren. Der letztere trägt die Anschwellungen (*g*), von denen die erste und die letzte weniger deutlich entwickelt sind als die dazwischen befindlichen. Die vorderste ist aber

1) Zootomie der Fische p. 138.

2) Hier sei bemerkt, dass sich aus dem hintern Ende der Rautengrube der auch sonst bei Fischen sehr weite Centralcanal ganz allmählich fortsetzt, so dass dessen Anfang als ein langgestreckter Trichter erscheint.

Digitized by Google

bei alledem die stärkste. Aus der vordersten Anschwellung setzt sich der Strang, viel dicker als hinten, in parallelem Verlaufe mit den am Boden der Rautengrube vorspringenden Vordersträngen (Fig. II. *p*) des Rückenmarks (vorderen Pyramiden) nach vorne zu fort, um dann etwas seitwärts auszubiegen. Er vereinigt sich da mit dem oberen Strange in der als Lobus nervi trigemini (Fig. X. *lt*) bekannten Anschwellung der Umgrenzung des vordern Abschnittes der Rautengrube. Was den oberen Strang betrifft, so beginnt dieser als eine schmale, die fraglichen Erhabenheiten von oben und von der Seite her etwas bedeckende Lamelle, die nach vorne zu stärker wird. Dabei entfernt sie sich etwas von dem unteren Strange, und tritt vorne, einen median gerichteten Winkel bildend, in die genannten Lobi ein. Sie grenzt unmittelbar an das Dach der Rautengrube.

Die vorhin beschriebenen reihenweise liegenden Anschwellungen entsprechen genau der Austrittsstelle der Vaguswurzeln, und zwar der stärkeren derselben. Es liegt nahe, in jenen Anschwellungen die Ursprungsganglien des Vagus zu sehen, wie sie dann auch als Lobi nervi vagi bezeichnet wurden. Betrachten wir das vorläufig als eine gewiss zu rechtfertigende Annahme, so ist mit dem Auftreten dieser »Ganglien« die Stärke der betreffenden Vaguswurzeln in Einklang zu bringen, und die nach hinten zu erfolgende Abnahme harmonirt mit dem Schwächerwerden der bezüglichen Ganglien, bis den feineren Wurzeln endlich der einfache, nicht weiter gegliederte Strang entspricht. Bei der Würdigung dieser Verhältnisse wird man sich auch der Anschwellungen zu erinnern haben, welche das Rückenmark an den Ursprüngen stärkerer Nerven auch äusserlich aufweist, z. B. des Verhaltens bei Trigla. Man kann hier einwenden, dass im letzteren Falle doch etwas Anderes vorliegt, da die Anschwellungen zunächst nur als äusserliche bekannt sind, während sie bei Hexanchus wie überhaupt bei den Haien in die Höhlung eines Sinus vorspringen. Darauf wäre zu entgegnen, dass die Anschwellung selbst die Hauptsache ist, und der Ort des Vorragens die Nebensache, die durch andere Verhältnisse bestimmt wird. Wo ein engerer Axenraum das Vorragen nach innen verbietet, wird eine Vermehrung der Elementartheile einer Strecke eine Vorragung nach aussen bedingen, während eine geräumige Höhle, wie die Rautengrube es ist, eine Vermehrung der Formelemente ihrer Wände in Gestalt innerer Anschwellungen aufzutreten gestatten wird.

Wenn wir so die mehrfachen Vaguswurzeln mit diesen in den Sinus rhomboidalis vorragenden Anschwellungen eines Stranges der Wand des genannten Sinus in Zusammenhang bringen, und das Verhalten von Spinalnerven zu allerdings nur im Allgemeinen ähnlichen An-

Digitized by Google

schwellungen des Rückenmarks erwägen, so wird uns die Frage entstehen, ob der so aus einer Reihe einzelner hinter einander liegender Wurzeln entstandene Nervenstamm wirklich einem einzigen Spinalnerven entspricht, oder ob er nicht vielmehr einer Summe von solchen vergleichbar sei, folglich aus einer Summe von einzelnen Nerven entstanden angenommen werden dürfe.

Zur Prüfung dieser Frage haben wir vor Allem noch zwei Thatsachen herbeizuziehen. Die erste betrifft eine auch von STANNIUS [1]) gewürdigte »Eigenthümlichkeit«. Er sagt: »In die Bahn des Vagus treten hier (bei Spinax und Carcharias) ein paar vordere Wurzeln ein, welche rücksichtlich ihrer Ursprungsverhältnisse ganz ebenso sich verhalten wie die vorderen Wurzeln der Spinalnerven. Die vorderste dieser Wurzeln entsteht mit einem einfachen, die zweite mit einem doppelten Wurzelstrange. Jede tritt durch einen eigenen abgesonderten Knorpelcanal auswärts, um in die die Schädelhöhle verlassende Nervenmasse des Vagus überzugehen. Höchst wahrscheinlich sind diese Wurzeln dem eigentlichen Vagus fremd, und ihm nur temporär juxtaponirt.«

Von diesen Nervenfädchen bestehen bei Hexanchus drei bis vier Paare, die von vorne nach hinten an Stärke zunehmen [2]). Das vorderste, feinste, fand ich von einer kleinen Arterie begleitet, die es an Dicke übertraf. Diese Nerven (Fig. II. *vg*) treten in Canäle, welche die Occipitalregion des Craniums durchsetzen und dort in einer continuirlichen Linie unterhalb der Austrittsstelle des Vagus zu finden sind. Sie liegen mit den unteren resp. vorderen Wurzeln der Spinalnerven in gleicher Reihe. An einem Schädelpräparat von Hexanchus finde ich die Austrittsstelle dieser Nerven durch fünf feine in einer Reihe liegende Oeffnungen dargestellt. Ob hier die Zahl der Nerven eine entsprechende war, kann ich nicht entscheiden. Dass nicht allgemein übereinstimmende Verhältnisse bestehen, ergab sich daraus, dass diese Nerven in einem Falle zu drei Paaren, in einem anderen zu vier Paaren vorkamen. Daraus kann wohl auch der Befund am Cranium als auf eine fernere Vermehrung verweisend gedeutet werden. Jedenfalls ist das bezügliche Canälchen, sowohl am Eingange wie am Ausgange mit den übrigen, bestimmte Nervenfädchen durchlassenden in gleicher

1) Das peripherische Nervensystem der Fische. p. 83.

2) Eine Abbildung dieser Nerven von der ventralen Seite her hat MIKLUCHO-MACLAY gegeben. Vergl. dessen Beiträge zur vergl. Neurologie. Leipzig 1870. Taf. II, Fig. 9. Eine Bezeichnung der Nerven fehlt, wie auch eine Erwähnung im Text.

Digitized by Google

Lagerung, und auch in gleichem Abstand von den nächsten Canälchen anzutreffen.

Diese sämmtlichen Nervenfäden verbinden sich ausserhalb des Schädels mit dem Vagusstamme, und bilden so einen Bestandtheil desselben. Sie als »dem eigentlichen Vagus fremd« anzusehen, liegt kein zwingender Grund vor. Zudem würde dann die nicht leicht zu beantwortende Frage entstehen, welchem Nerven sie eigentlich angehören. STANNIUS glaubt, dass diese fraglichen Nerven vom Vagus ab zu Muskeln treten, welche »über dem äusseren Kiemenkorbe gelegen« »die Schulter vorwärts ziehen«. Darnach würde der Vagus sich als ein gemischter Nerv herausstellen, der seine motorischen Wurzeln von einer Reihe selbständig entspringender und selbständig austretender Nervenfädchen empfängt. Sehen wir nun jene getrennt den Schädel durchsetzenden Fädchen als motorische Wurzeln des Vagus an, so werden wir diesen Wurzeln nach ihrem ganzen Verhalten bezüglich Ursprung und Verlauf bei der Vergleichung mit motorischen Wurzeln von Spinalnerven dieselbe Bedeutung zuschreiben müssen. Wir werden aber nicht einfach alle zusammen, sondern j e d e von ihnen der motorischen Wurzel eines Spinalnerven für homodynam erachten, und gelangen dadurch zu dem Schlusse, dass bei Hexanchus eine Summe von motorischen Wurzeln zum Vagusstamme tritt, dass also der Vagus bezüglich seiner motorischen Wurzeln einer Summe von Spinalnerven entspricht. Zur Vergleichung dieser Nerven mit den Wurzeln einzelner Spinalnerven berechtigen uns einmal die ziemlich weit von einander entfernten Austrittsstellen, dann aber auch der selbständige Durchtritt der einzelnen durch die Schädelwand.

Diese Anschauungsweise erläutert uns zugleich das Verhalten der Zusammensetzung des sogenannten »eigentlichen Vagusstammes«, d. h. des Wurzelcomplexes, der in eine Reihe aus den theilweise mit Anschwellungen versehenen seitlichen Strängen der Medulla oblongata hervorgeht. Wenn wir diese, wie nicht anders möglich, als hintere Wurzeln beurtheilen, so werden wir, nachdem wir die vorerwähnten Nerven als den motorischen Wurzeln m e h r f a c h e r Spinalnerven homodynam fanden, auch für jene hinteren Wurzeln die Homodynamie m i t e i n e r S u m m e von Spinalnerven aufstellen müssen. Diesem entspricht auch vollkommen das Verhalten jener Wurzeln, ihr discreter Austritt aus der Medulla, sowie die Beziehungen, wenigstens der stärkeren Wurzelstränge zu den eben beregten Erhabenheiten. Wir deuten also die geschilderten anatomischen Thatsachen bezüglich des Vagus dahin, dass wir denselben als aus einem Complexe von Nerven, die nach dem Typus der Spinalnerven sich verhal-

Digitized by Google

ten, zusammengesetzt betrachten, wobei die hinteren resp. oberen Wurzeln sich schon auf ihrem Verlaufe durch das Cranium, das sie gemeinsam durchsetzen, zu einem Stamme verbinden, indess die vorderen resp. unteren Wurzeln nicht blos getrennt aus der Medulla oblongata, sondern auch getrennt aus dem Schädel treten, und erst alsdann mit dem Stamme, der aus den sensiblen Wurzeln sich bildete, sich verbinden. Jene vordern Wurzeln als einem einzigen Nerven entsprechend anzusehen, lässt viel triftigere Einwände zu, als die hier vorgeführte entgegengesetzte Annahme. Zunächst ist die relativ bedeutende Entfernung der Austrittsstellen ein Gegengrund, dann das selbständige Verhalten beim Durchtritte, endlich, als wichtigstes Moment, das Fehlen von hintern (oberen) Wurzeln, deren ein Nerv, wenn er mit Spinalnerven verglichen werden soll, nicht entbehren darf. Will man aber trotz alledem jene vordern Nerven als getrennte Theile eines einzigen Nerven, resp. als motorische Wurzeln eines solchen betrachten und in dem übrigen Vagusstamme die hiezugehörigen hinteren oder sensiblen Wurzeln, so tritt, ganz abgesehen von dem bezüglich des Befundes dieses Stammes bereits Dargelegten, in der peripherischen Verbreitung ein ganzer Berg von Schwierigkeiten empor, die nicht überwunden werden können

Diese peripherische Verbreitung bildet das zweite für das Verständniss des Vagus wichtige Moment. Sie muss daher genauer betrachtet werden, obschon das meiste davon mit den bereits bekannten Thatsachen in Uebereinstimmung ist. Schon auf dem Verlaufe durch den Endabschnitt des Schädelcanals beginnt der durch das Zusammentreten der Wurzeln der oberen Reihe gebildete Stamm zu einem Ganglion anzuschwellen. Vom Ende dieses Abschnittes entspringt ein feiner in den Schädelknorpel eindringender Zweig, der erst nach aussen sich wendet, dann am hinteren Bogengange des Labyrinthes vorüber, aber hinter demselben aufwärts tritt, um dann mehr medianwärts zu verlaufen. Der Nerv gelangt dann auf der Schädeloberfläche zum Austritt. Es ist ein Ramus dorsalis, der nach STANNIUS bei anderen Selachiern fehlt[1]).

1) Man könnte Bedenken tragen, diesen durch den Schädelknorpel verlaufenden Nerven mit dem Schädelhöhlenast des Vagus der Teleostier für homolog zu halten, eben wegen der anscheinenden Differenz des Verlaufs. Diese Verschiedenheit löst sich jedoch auf, wenn man in Erwägung zieht, dass bei den Teleostiern ein grosser Theil des Primordialcraniums der Selachier, und gerade vom Schädelcavum her geschwunden ist, so dass dadurch Theile nach innen zu liegen kommen, die bei den Selachiern von der Wand des Knorpelcraniums umschlossen sind, wie das vom Labyrinthe ja allgemein bekannt ist.

Digitized by Google

An der Anschwellung des Vagusstammes scheint der erste stärkste Wurzelstrang nicht betheiligt zu sein. Derselbe liegt im Schädelcanal zwar dicht an den übrigen Wurzeln, und ist mit diesen auch durch Faseraustausch verbunden. Aber bereits an der zweiten Hälfte des betreffenden Schädelcanals, da wo die Ganglienbildung des Stammes beginnt, löst sich die Fortsetzung jenes Wurzelstranges vom anliegenden übrigen Vagus ab und geht in eine langgestreckte selbständige Anschwellung über, die noch ausserhalb des Canals wahrnehmbar ist. Daraus setzt sich ein Nerv fort, der zwar noch dem Vagus eine kurze Strecke weit angelagert bleibt, aber alsdann sich seitwärts zum zweiten Kiemenbogen wendet (Fig. I. *Vg'*). Bevor er zu diesem tritt, sendet er einen Ast (*α*) zum ersten Kiemenbogen, der dort mit dem Stamme des Glossopharyngeus auf dem Knorpel seinen Verlauf, und zur vordern Kieme der zweiten Tasche seine Verzweigung nimmt.

Der folgende Theil des Vagus lagert sich auf den dorsalen Gliedstücken der Kiemenbogen (1—6) und sendet noch vier Aeste zu ebensoviel Kiemenbogen, wo sie sich gleich jenem erstbeschriebenen verhalten, also immer einen schwachen Zweig (*α*) zum nächst vorhergehenden Kiemenbogen absenden. Dieser kleinere Ast giebt nahe an seiner Ursprungsstelle je einen Ramus pharyngeus ab. So ist es ganz genau genommen. Im Allgemeinen kann man das Verhältniss so auffassen, dass jeder Ramus branchialis sich in drei Zweige theilt, davon der vordere schwächere zum nächst vorhergehenden, der hintere stärkere zum nächst folgenden Kiemenbogen gelangt, indess ein zwischen diesen beiden austretender dritter Zweig sich zum Pharynx begiebt. Diese Rami pharyngei versorgen theils die Musculatur zwischen den dorsalen Endgliedern der Kiemenbogen, theils gelangen sie an der Schleimhaut des Pharynx zur Vertheilung. Als besonders beachtenswerth hebe ich hervor, dass in diesen Pharynxästen eine Uebereinstimmung jedes einzelnen Ramus branchialis des Vagus mit dem Glossopharyngeus besteht. Selbst der Facialis kann ohne jede Schwierigkeit hieher bezogen werden, indem dessen Ramus palatinus dem Ramus pharyngeus des Glossopharyngeus oder eines Ramus branchialis des Vagus völlig sich gleich verhält. Nehmen wir hiezu noch das Verhalten des Facialis zur Spritzlochkieme, so ist am Facialis ebensogut wie am Glossopharyngeus und an einem der Rami branchiales des Vagus die Theilung in drei Zweige nachweisbar, und der Spritzlochast erscheint homolog einem Ramus anterior, wie der Ramus hyoideus einen Ramus posterior und der Ramus palatinus einen R. pharyngeus repräsentirte. Die Fortsetzung des Stammes bildet der bekannte Ramus intestinalis (*I*), dessen Verhalten für unsere Zwecke

Digitized by Google

nicht in Betracht zu kommen braucht. Dasselbe gilt vom Ramus lateralis (Fig. I. *L*), der gleich an der Austrittsstelle sich abgezweigt hat. Er setzt sich im Schädelcanal aus mehreren, aus dem Anfange des ganglionären Theiles des Vagus kommenden Bündeln zusammen, und nimmt schon an der Austrittsstelle des Vagus eine mediale Lagerung ein.

Ausser dem Umstande, dass bei Hexanchus die Zahl der Kiemenäste des Vagus um Einen vermehrt ist, entsprechend der Zahl der Kiementaschen, ist die grössere Selbständigkeit des ersten Ramus branchialis hervorzuheben. Durch dieses Verhalten wird ein gemeinsamer Truncus branchio-intestinalis, den andere Selachier besitzen, nicht unterscheidbar, und es erscheint der bezügliche Nerv schon vor seiner Austrittsstelle aus dem Cranium in demselben Befunde wie die beiden vorhergehenden Nerven, der Glossopharyngeus und der Facialis, die nur noch durch selbständige Austrittscanäle in der Schädelwand ausgezeichnet sind. Man kann das Verhältniss dieses ersten R. branchialis vagi zum Vagusstamme im Vergleiche mit dem bekannten Befunde bei anderen Fischen als einen gewissen Grad von Selbständigkeit auffassen, die besonders durch das eigene Ganglion eine Stütze empfängt. Ein bei anderen Selachiern mit dem Vagus innig verbundenen Nervenzweig löst sich bei Hexanchus sehr frühe selbständig ab.

Die Vertheilungsweise der Kiemenäste ist ungeachtet der längstbestehenden Kenntniss dieses Verhaltens besonderer Beachtung werth. Jeder Ramus branchialis sendet den stärkeren Zweig zu je einem hinteren, den schwächeren zu je einem vorderen Kiemenbogen, woselbst sie nahe aneinander verlaufen. Diese Nachbarschaft wird allmählich an jedem Kiemenbogen durch die demselben ansitzenden knorpeligen Kiemenstrahlen getrennt, indem von der Stelle an, wo die letzteren auftreten, der eine Zweig vor, der andere hinter den Kiemenstrahlen lagert. Mit Beziehung auf die Kiementaschen gehört demnach der vordere Zweig eines Ramus branchialis der vorderen Wand, der hintere Zweig dagegen der hinteren Wand einer Kiementasche an. Diese Verhältnisse sind nach vorne über das Gebiet des Vagus hinaus fortgesetzt. Der Glossopharyngeus verhält sich wie ein Kiemenast des Vagus. Der vordere Zweig, der an den Zungenbeinbogen tritt, verläuft hinter die hier zweifellos als Kiemenstrahlen erscheinenden knorpeligen Radien des Bogens, und der hintere Zweig verläuft vor den Kiemenstrahlen des folgenden Bogens, welcher der erste Kiemenbogen ist. Modificirt ist das Verhalten des Facialis. Sein zum Zungenbeinbogen tretender Hauptstamm lagert wie ein hinterer Zweig eines Ramus branchialis vor den Kiemenstrahlen des Zungenbeinbogens, und der vor den Spritzlochsack tretende Zweig verläuft hinter dem (bei Hexanchus fehlenden) Spritzloch-

knorpel. Wenn der letztere aus einem Kiemenstrahl hervorging, wie ich aus mehreren Thatsachen nachzuweisen vermag, so ist auch der genannte Ast des Facialis mit dem vorderen Zweige eines Kiemennerven in völlig gleichem Verhalten, und der Facialis wird zum Nerven der in das Spritzloch übergegangenen Kiementasche, die ihre vordere Stütze vom Kiemenbogen empfängt. Der Ramus maxillaris inferior des Trigeminus ist dann der hintere, vor den auf den Spritzlochknorpel reducirten Radien eines Bogens verlaufende Zweig. So lässt sich also ein am Vagus bestehendes Verhalten in allmählichen Modificationen auf den Trigeminus fortverfolgen, und es treten damit scheinbar sehr entfernte Zustände unter einander in die engste Verbindung.

Auch die Vergleichung der Wurzeln des Vagus bei Hexanchus mit dem Verhalten anderer Selachier oder mit dem der Ganoiden und Knochenfische bietet wichtige Ergebnisse. Während bei diesen zwei Wurzelportionen unterschieden werden, von denen die zweite hintere in der Zahl ihrer einzelnen Stränge sehr wechselnde Verhältnisse darbietet, ist bei Hexanchus eine solche Scheidung nicht durchführbar. Eine vordere Portion, als von einer hinteren gesonderte Bildung, existirt nicht. Wenn auch der vorderste Strang der Wurzelreihe (nämlich der oben als obere Wurzeln unterschiedenen, denn die mehrfachen Paare unterer Wurzeln wurden von den Autoren dem Vagus nicht beigezählt) den nächstfolgenden an Stärke übertrifft, so ist doch diese Verschiedenheit kaum bedeutender als die zwischen den übrigen Wurzelsträngen waltende, daher sie kein Motiv für Aufstellung und Scheidung abgeben kann. Auch durch die Lage der Austrittstelle aus der Medulla wird das bestätigt, da diese in gleicher Höhe mit den übrigen Wurzelsträngen sich vorfindet. Es ist also bei Hexanchus bezüglich dieses Verhaltens ein Zustand der Indifferenz gegeben, der nur einen niederen Organisationsbefund erkennen lässt. Das bei anderen Selachiern, und da anschliessend bei Ganoiden (Stör) und Teleostiern, sich findende Verhalten der Vaguswurzeln bietet aber ausser der grösseren Differenzirung, d. h. der minderen Gleichartigkeit der Wurzeln, noch eine Zusammenziehung dar. Da nicht angenommen werden kann, dass die grosse Zahl der Wurzelstränge bei Hexanchus ausschliesslich durch die Vermehrung der Kiemen bedingt sei, da vielmehr im letzteren Verhältnisse selbst nur der theilweise Ausdruck eines niederen Zustandes liegt, so wird die Vermehrung der Wurzeln als dem Fortbestehen einer Trennung entsprechend zu deuten sein, von Gebilden, die bei andern, auf einer höheren Stufe der Fortentwickelung, durch engere Verbindung und endliche Verschmelzung unter einander neue anatomische Befunde hervorgehen lassen. Die aus gleichartigen, nur allmählich von vorn

Digitized by Google

nach hinten zu an Dicke abnehmenden Strängen zusammengesetzte Wurzelreihe des Vagus bei Hexanchus, ist also bei anderen Selachiern in zwei Theile gesondert, die man als vordere und hintere Wurzel unterschieden hat. Die hintere, dem grössten Theile des Wurzelcomplexes bei Hexanchus homologe, besitzt bei vielen Selachiern, vielleicht sogar bei allen, deutliche Spuren ihrer Zusammensetzung aus mehrfachen Strängen, ja in Fällen sogar aus einer grossen Anzahl von solchen. Diese Mehrzahl von Wurzelsträngen erhält sich discret bei Ganoiden (Accipenser) und vielen Teleostiern, wie aus dem oben S. 517) gegebenen Citate aus STANNIUS zu ersehen ist. Die Reduction führte aber hier bis zur Verschmelzung zu nur zwei Strängen.

Die Vergleichung der in Rede stehenden Wurzelreihe des Vagus bei Hexanchus mit dem bezüglichen Verhalten bei andern Fischen lässt also neben der Ausbildung eines vordern Stranges (vordere Wurzel von STANNIUS), eine allmähliche Zusammenziehung der hinteren Stränge der Wurzelreihe, eine Rückbildung in der Anzahl der Stränge erkennen, woraus die sogenannte hintere Wurzel entsteht. Wenn hiebei auch noch offene Frage bleibt, ob die »vordere Wurzel« in allen Fällen nur aus dem ersten stärksten Strange bei Hexanchus gebildet wird, oder ob nicht noch einige der folgenden Stränge in sie eingehen, so ist doch im Allgemeinen das Resultat der Vergleichung sicher, insofern sie eine Reduction in der Anzahl, oder eine Zusammenziehung der Wurzeln nachweist. Ich möchte die letztere Auffassung deshalb betonen und sie von der allgemeineren in dem Worte: Reduction sich ausdrückenden trennen, weil dem Begriffe der Reduction auch das materielle Schwinden, der Verlust in einem andern Falle bestehender Theile, innewohnt, während es sich in unserem Falle nicht um das Verlorengehen von Nervensträngen, nicht um deren gänzliche Rückbildung, sondern nur um das Aufhören des von benachbarten gleichartigen Theilen getrennten Bestehens handeln kann.

Eine analoge Erscheinung mit der, die wir eben aus der Vergleichung der oberen Wurzelreihe des Vagus nachweisen konnten, bieten jene discret austretenden Fädchen dar, die ich oben als untere Wurzeln des Vagus aufgefasst hatte. Wenn ich dabei auf den selbständigen Austritt aus der Schädelhöhle kein Gewicht legte und mich dadurch nicht bestimmen liess, sie als Repräsentanten eines besonderen Nerven anzusehen, so geschah das vorzugsweise deshalb, weil bekanntlich auch die oberen und unteren (resp. vorderen und hinteren) Wurzeln der Spinalnerven bei den Haien getrennt die knorpelige Wand des Rückgratcanals verlassen. Es ist also nichts Auffälliges, wenn an einem Hirnnerven dasselbe wiederkehrt, ja der gegentheilige Fall wäre viel-

Digitized by Google

mehr auffällig zu nennen. Es liegt somit darin, dass diese Nervenfädchen nicht mit den oberen Wurzeln zusammen den Schädel durchsetzen, kein Grund sie mit STANNIUS als »dem Vagus fremd« anzusehen. In wie ferne aber der Umstand, dass jeder dieser Nerven für sich austritt, für die Vergleichung zu verwerthen ist, soll weiter unten besprochen werden.

Die Vergleichung dieser ausserhalb des Craniums dem Vagusstamme (d. h. dem aus der oberen Wurzelreihe zusammengesetzten Theile) sich anschliessenden Nerven mit jenen anderer Haie lehrt uns wiederum eine Reduction der Zahl kennen, da bei jenen an der Stelle der drei oder vier Fädchen von Hexanchus nur zwei vorhanden sind. Ob auch hiebei eine Verschmelzung vorliegt, kann für jetzt nicht entschieden werden. Bestimmt ist nur, dass derselbe bei Hexanchus aus einer grössern Zahl bestehende Fädchencomplex bei andern Haien, wie STANNIUS angiebt, nur durch zwei Fädchen repräsentirt wird. Diese wenn auch bezüglich der Anzahl schwankende, den Haien zukommende Einrichtung kehrt mit anderen Modificationen gepaart bei Teleostiern wieder, wenigstens glaube ich die von E. H. WEBER[1]) beim Karpfen und Wels zuerst aufgefundenen Nervenfädchen, die getrennt von einander von der Medulla hinter dem Vagus entspringen, hieher rechnen zu dürfen, doch kann das nicht ohne nähere Prüfung der bezüglichen Verhältnisse geschehen.

Der fragliche Nerv ist von E. H. WEBER zuerst als Hypoglossus, dann als Accessorius Willisii gedeutet worden. Erstere Deutung erfuhr er wegen seiner Austrittsstelle durch ein seitlich von Foramen magnum befindliches Loch, und die spätere Auffassung stützte sich auf den Verbreitungsbezirk des Nerven, der in der vorderen Musculatur des Schultergürtels sich findet. Endlich ist der fragliche Nerv, zuerst von DESMOULINS[2]), für den ersten Spinalnerven erklärt worden, welche Meinung sich bis in die neuste Zeit erhielt, wenn auch ihr Autor sie bald mit einer anderen vertauscht hatte. Ein Spinalnerv, der von der Medulla oblongata entspringt und durch den Schädel austritt, ist aber gewiss ein höchst bedenkliches Ding, ebenso wie ein Accessorius Willisii, der vordere und hintere Wurzeln besitzt. Dass derartige Deutungen nicht durchgreifen können, hat zuerst BISCHOFF[3]) ausgesprochen. Nach dessen Meinung entbehrt der WEBER'sche Nerv manche der Eigen-

1) De aure et auditu hominis et animalium. Lips. 1820. Ferner: Archiv f. Anatomie und Physiologie. 1827. p. 307. 312.

2) Anatomie des Systeme nerveux des animaux à vertèbres. Paris 1825.

3) Nervi accessorii Willisii Anatomia et Physiologia. Heidelbergae 1832. p. 51.

Digitized by Google

schaften, die ihn zum Accessorius stempeln könnten. Das ist vorzüglich auf die Verbindung mit andern Nerven, z. B. mit dem Trigeminus bei Cyprinus carpio, begründet, dann aber auch auf die Betheiligung einer vom oberen Theile der Medulla oblongata austretenden Wurzel. Letztere Thatsache erschwert zugleich die Vergleichung des Weber'schen Accessorius der Teleostier mit den beregten Nerven der Haie, die andererseits durch ihre Verbindung mit den Vagus von dem vorgenannten Nerven verschieden sind. Somit besteht keine directe Verknüpfung, und man möchte sich der Meinung hingeben, dass der Weber'sche Accessorius (so wird der fragliche Nerv zum Unterschiede speciell vom Willis'schen aufgeführt werden dürfen) der Teleostier ein gänzlich neues Gebilde sei, sowie dass die vorderen (unteren) Vaguswurzeln bei den Teleostiern verschwunden seien.

Einer solchen Meinung möchte ich jedoch nicht das Wort reden, bevor triftige Gründe dafür beigebracht sind, die zugleich jede andere Aufstellung ausschliessen. In der That kann eine Auffassung gefunden werden, welche die bei Teleostiern und bei Haien bestehenden Verhältnisse in Einklang bringt, ohne der misslichen Voraussetzung vom Verschwinden und Neubilden zu bedürfen. Nehmen wir nämlich den Weber'schen Accessorius der Teleostier als einen Theil des gesammten Vagus der Haie an, als eine aus dem letzteren entstandene Sonderung, welche die auf einen Faden reduzirten unteren Wurzeln, sowie den gleichfalls auf einen Nervenfaden reduzirten hinteren Abschnitt der oberen Wurzelreihe des Vagus in sich begreift, so vermag man der Lösung jener Frage auf anderem Wege entgegenzukommen. Die Factoren, mit denen dabei gerechnet wird, sind bekannte, schrittweise verfolgbare Verhältnisse: Erstlich Reductionen in der Zahl von Nervenwurzeln, und zweitens die Auflösung eines Nervencomplexes in mehrere. Dem Vagus der Teleostier bliebe dann der gesammte vordere Abschnitt der oberen Wurzelreihe, deren hinterer Abschnitt vom vorderen getrennt, mit einem der vom unteren Theile der Medulla oblongata kommenden Fädchen in Verbindung tritt. Was den selbständigen Austritt des so zu Stande gekommenen Accessorius Weberi der Teleostier angeht, so ist zu beachten, dass die Austrittsöffnungen der unteren Wurzelfäden des Vagus der Haie zwar etwas unterhalb, aber auch median zur Austrittsstelle des Hauptstammes des Vagus gelagert sind. Nimmt man an, dass diese Austrittscanälchen zu einem einzigen zusammenfliessen, und dass den durch dieses auspassirenden Nerven auch noch der hinterste, auf ein Fädchen reduzirte Theil der oberen Wurzelreihe sich zugesellt, so erhält man einen median vom Vagus, lateral vom Foramen occipitale magnum austretenden Nerven. Diese

Digitized by Google

Auffassung macht zugleich die von BISCHOFF nachgewiesene Verbindung des WEBER'schen Accessorius mit dem Vagus beim Karpfen verständlich, und es wartet nur noch die Verbindung mit dem Trigeminus weiterer Aufschlüsse.

Durch die genannte Verbindung des WEBER'schen Accessorius mit dem Vagus wird keine Instanz zu Gunsten einer Homologie mit dem Accessorius Willisii gewonnen. Dieser Nerv der höheren Wirbelthiere ist bei Hexanchus offenbar durch den hinteren Abschnitt der oberen Wurzelreihe des Vagus repräsentirt, ist noch ein Theil des Vagus selbst. Die Vergleichung des Verhaltens bei Hexanchus mit dem von Reptilien, z. B. der Schildkröte nach den Darstellungen von BOJANUS, von anderen Reptilien nach BISCHOFF, BENDZ, FISCHER u. A. lässt wohl kaum einen Zweifel daran. Vagus und Accessorius Willisii zusammen bieten hier übereinstimmende Verhältnisse mit der oberen Wurzelreihe des Vagus von Hexanchus. Wenn aber der den Accessorius Willisii repräsentirende Theil des Vagus der Haie, wie wir oben deduzirten, bei den Teleostiern in dem WEBER'schen Accessorius, und zwar nicht für sich, sondern in Verbindung mit vorderen Vaguswurzeln der Selachier zu suchen ist, so folgt daraus, dass den Teleostiern ein gesonderter Accessorius Willisii abgeht, dass diese Fische also auch hierin aus der aufsteigenden Reihe der Wirbelthiere sich entfernen.

Der WEBER'sche Accessorius der Knochenfische ist somit zwar als ein neuer Nerv oder vielmehr als eine neue Combination eines Nerven anzusehen, aber die Elemente, aus denen er sich zusammensetzt, sind nicht für neu zu halten. Der Nerv ist daher keine vollständige Neubildung. Seine Wurzeln finden sich im Vagus der Haie vor, in den hinteren Fäden der oberen Wurzelreihe und in den unteren Wurzeln.

Für diese unteren Wurzeln des Vagus von Hexanchus, welche bei den Teleostiern insoferne einige Selbständigkeit gewonnen haben, als sie nicht mehr in der Bahn des Vagus verlaufen, wird bei den höheren Wirbelthieren ein grösseres Maass der Sonderung geboten. Sie stellen hier den Hypoglossus vor, dessen Verbreitungsbezirk wenigstens theilweise dem Gebiete entspricht, welches vom WEBER'schen Accessorius versorgt wird.

Die Entstehung des Hypoglossus aus dem bei Hexanchus gegebenen Verhalten setzt zunächst eine Vereinigung der unteren Wurzeln des Vagus, und einen unter sich gemeinsamen, aber im oberen Wurzelcomplexe des Vagus getrennten Austritt aus dem Schädel. Wenn die bei Hexanchus bestehenden einzelnen Canälchen, welche den vorderen Vaguswurzeln zum Durchlass dienen, zu Einem Loche zusammenfliessen, so wird derselbe median vor dem Austritte des Hauptstammes des

Digitized by Google

Vagus und lateral und etwas unterhalb des Foramen magnum gelegen sein, und damit der Austrittsstelle des Hypoglossus höherer Wirbelthiere entsprechen. Anscheinend möchte diese Durchtrittsstelle der Austrittsöffnung des Weber'schen Accessorius der Teleostier homolog gelten. Diese Annahme ist aber deshalb bedenklich, weil hier noch obere Wurzeln mit vorkommen, so dass es wahrscheinlicher wird, dass die Einrichtung bei den Teleostiern auch bezüglich der Austrittsstelle des Accessorius Weberi eine neue ist, d. h. aus einem Sonderungsvorgang einer anfänglich alle Wurzeln des Vagus gemeinsam durchlassenden Oeffnung entstand. Man kann das in folgender Weise sich vorstellen: die bei den Haien bestehenden Austrittscanäle der unteren Vaguswurzeln haben sich mit dem Canale vereint, durch welchen der durch die oberen Wurzeln gebildete Hauptstamm des Vagus austritt, so dass dadurch Ein Nervenstamm und eine einzige Austrittsöffnung für den gesammten Vaguscomplex besteht. Allmählich sonderte sich der Vagusstamm in zwei Theile, einen grösseren vorderen, der aus dem vorderen Abschnitt der oberen Wurzelreihe und ihren Modificationen sich formte, und einen hinteren kleineren Nerven, der die unteren Wurzeln, und einen Theil, den hinteren, aus der obern Wurzelreihe empfängt. Indem sich für jede dieser beiden Portionen eine besondere Austrittsöffnung aus der gemeinsamen bildete, verlassen sie als discrete Nerven den Schädel, und der eine, vordere, stärkere stellt den Vagus, der andere, hintere, schwächere, den Weber'schen Accessorius der Knochenfische vor.

Der Vagus von Hexanchus bietet diesen meinen Deutungsversuchen gemäss die Elemente für zwei Nerven der Teleostier, für den Vagus und den Weber'schen Accessorius, welche letztere die Elemente des Hypoglossus und des Accessorius Willisii höherer Wirbelthiere in sich schliesst; daher fehlen die beiden letztgenannten Nerven den Teleostiern.

Im Vagus von Hexanchus finden sich also dieser Auffassung gemäss die Elemente für drei Nerven der höheren Wirbelthiere[1]. Er

---

1) Die Verhältnisse dieser Nerven liegen bei Amphibien, Reptilien, Vögeln und Säugethieren etwas verschieden. Bei den Amphibien fehlt ein Hypoglossus als Hirnnerv, es fehlt der Nerv, den wir sonst als Hypoglossus bezeichnen, denn der erste Spinalnerv kann eben ein für allemal nicht Hypoglossus sein, es müsste denn das Cranium eine mindere Ausdehnung besitzen, wofür kein Grund zur Annahme besteht. Wir werden also nur sagen können, dass der erste Spinalnerv in der Bahn des Hypoglossus sich verbreitet. Die Beachtung des Umstandes, dass das Eingehen der vordersten Spinalnerven in den Hypoglossus bei Reptilien verbreitet ist, dass auch bei Säugethieren der erste Spinalnerv mit dem Hypoglossus gleich nach dessen Austritt vor der Schädelhöhle Verbindungen eingeht, macht verständ-

Digitized by Google

repräsentirt den Vagus, den Accessorius Willisii und den Hypoglossus. Daher fehlt den höheren Wirbelthieren ein Nerv, der dem Weber'schen Accessorius der Teleostier entspräche. —

Während durch die bisher geführten Vergleichungen die Beziehungen des Vagus der Selachier im Allgemeinen und von Hexanchus insbesondere zu Nerven anderer Wirbelthiere aufzudecken versucht wurde, erübrigt noch das Verhalten des Vagus zum Visceralskelete und seinen Adnexis zu beurtheilen. Die thatsächliche Unterlage hiezu ist bereits oben geliefert worden. Die beiden vor dem Vagus den Schädel verlassenden Nervus facialis und glossopharyngeus finden sich für je einen Bogen des Visceralskelets bestimmt, der Facialis für den Zungenbeinbogen, der Glossopharyngeus für den ersten Kiemenbogen. Von dem Vagus finden sich dagegen bei Hexanchus fünf, bei den übrigen Selachiern (mit Ausschluss von Heptanchus) vier Kiemenbogen versorgt. Da tritt die Frage heran, ob diese Beziehung des Vagus zu mehrfachen Kiemenbogen, nicht als der Ausdruck einer Verbindung mehrfacher ursprünglich discreter Nervenstämme zum Einen Vagusstamm betrachtet werden könne.

Ausser von dem peripherischen Verhalten des Vagus wird jene Frage noch angeregt durch die bei andern Wirbelthieren vorkommende Verbindung des Glossopharyngeus mit dem Vagus, und des Facialis mit dem Trigeminus. Wie diese bei Selachiern getrennt bestehenden Nerven sich zu einem Stamme verbunden haben, so kann auch im Vagus der Selachier ein Complex von Nerven vorliegen, die in früheren Zuständen sich ebenso discret verhielten, wie der Glossopharyngeus und der Facialis der Selachier es noch ist. Daraus mag die Berechtigung jener Frage sich herleiten lassen.

---

lich, dass unter gewissen bis jetzt noch nicht ermittelten Voraussetzungen der Hypoglossus durch den R. anterior eines Spinalnerven vertreten sein kann. Bei den Crocodilen geht von den zwei Wurzeln des Hypoglossus eine in das Vagusganglion, eine andere setzt sich zum Hypoglossusstamme fort, nachdem derselbe aus den erwähnten Ganglien einen Verbindungszweig erhalten. Bei Varanus (V. bengalensis) besteht eine Verschmelzung mit dem Vagus (Fischer). Der Hypoglossus bietet demnach hier noch niedere Verhältnisse dar. Die peripherische Verbindung mit dem Vagus ist übrigens noch auch da, wo Austritt und Verlauf des Nerven discret erscheint, allgemein vorhanden. So bei den Vögeln und auch bei den Säugethieren, bei welch letzteren der Plexus nodosus des Vagus einige Hypoglossusfäden zu empfangen pflegt. — Die beim Menschen zuweilen vorkommende Trennung des dem Hypoglossus zur Austrittsöffnung dienenden Foramen condyloideum in zwei Löcher erklärt sich aus der Zusammensetzung der Hypoglossus-Wurzeln aus vorderen Wurzeln mehrerer Nerven, die selbst noch bei Reptilien in ansehnlichen Abständen die Medulla oblongata verlassen. Auch bei Vögeln kommen mehrfache discret austretende Wurzeln vor.

Digitized by Google

Für die Begründung der noch als Frage dargestellten Anschauungsweise dienen folgende Punkte:

1) Das Ursprungsverhalten, resp. der Austritt des Vagus aus der Medulla oblongata geschieht in der oberen Wurzelreihe, obgleich die einzelnen Stränge, namentlich die stärkeren, dicht aneinander lagern, doch in von einander getrennten Bündeln, und eine engere Verbindung derselben untereinander findet erst auf dem Wege durch das Cranium statt.

2) Der erste Kiemenast des Vagus ist selbständiger als die übrigen; er vermittelt dadurch das Verhalten der letzteren zu einem vollständig discreten Nerven. Das Zusammentreten einer Anzahl ursprünglich discreter Nerven zu Einem nicht weiter zerlegbaren Stamm, erscheint demnach hier noch mit einem Uebergange zu dem ersten Zustande, der schon bei anderen Selachiern, wie sonst, einer vollständigeren Verbindung gewichen ist.

3) Den Austrittsstellen der einzelnen Nervenstränge entspricht eine Reihe von Ganglien, die in den Raum der Sinus rhomboidalis einragen. Diese Anschwellungen weisen deutlich auch auf getrennte Ursprungsstätten der bezüglichen Nerven hin.

4) An den unteren (vorderen) getrennt aus dem Cranium tretenden Wurzeln des Vagus ist die Selbständigkeit noch vollständiger erhalten. Sobald wir diese Nerven zum Vagus rechnen, den sie ausserhalb des Cranium, gleichwie den oberen Wurzeln der Rückenmarksnerven die untern Wurzeln derselben ausserhalb des Rückgrates, sich zugesellen, bleibt keine andere Auffassung des Vagus möglich, als jene, die ihn aus mehrfachen, ursprünglich getrennten Nerven entstanden annimmt. Die Verschiedenheit der Anzahl der obern und untern Wurzeln bildet dabei keinen Gegengrund, da ja die Vollständigkeit der fraglichen Wurzeln keineswegs behauptet ist, und auch an diesen Wurzeln selbst innerhalb der Selachiergruppe eine Reduction in der Zahl erweisbar ist. Auch an Spinalnerven ist das Fehlen von Wurzeln beobachtet. Bei manchen Sauriern fehlen die obern Wurzeln der ersten Spinalnerven, und zu gänzlichem Mangel einer Wurzel führende Reductionen des Volums derselben gehören nicht zu den seltenen Erscheinungen.

Wenn wir mit der Erwägung dieser einzelnen, die bezüglichen Thatsachen umfassenden Punkte die peripherische Verbreitung des Vagus an dem Kiemenbogengerüste in Zusammenhang bringen, wird sich die vorgetragene Auffassung zu einer wohl begründeten Hypothese gestalten, die uns die Beziehungen des Vagus zu andern Hirnnerven sowie zu den Spinalnerven klarer erscheinen lässt.

Digitized by Google

Wir betrachten demnach den Vagus aus einem Complexe ursprünglich discreter Nerven entstanden, deren Rami ventrales für die hinteren Bogen des primitiven Visceralskeletes bestimmt sind. Die Reihe der oberen Wurzeln erhält sich nur am Ursprunge gesondert, und vereinigt sich auf dem gemeinsamen Durchtritte durch den Schädel zu Einem Stamme. Die unteren Wurzeln dagegen, an Zahl gegen die oberen reduzirt, behalten ihren discreten Verlauf durch das Cranium, und wiederholen in diesem Verhalten jenes der unteren Wurzeln der Spinalnerven.

Die Zahl der spinalnervenartigen Theile des Vagus ist weder aus den Wurzeln noch aus dem Verhalten des Stammes zu ersehen, dagegen ist sie erschliessbar aus der Zahl der Visceralbogen, welche vom Vagus versorgt werden.

Was die übrigen grossen Aeste des Vagus, den Ramus lateralis, sowie den vom Stamme der Kiemenäste abgehenden Ramus intestinalis betrifft, so lasse ich dieselben hier ausser Beurtheilung, da durch eine solche die Erreichung des mir gesteckten Zieles weder gefördert noch gehemmt wird.

3. Schlussbetrachtungen über das Verhältniss der Hirnnerven zum Kopfskelet.

Mehrfach ist der Versuch gemacht worden, die Kopfnerven mit den Spinalnerven zu vergleichen und dabei an den ersteren Einrichtungen nachzuweisen, welche in letzteren von allgemein durchgreifender Geltung sind. Man lernte so Hirnnerven kennen, welche »nach dem Typus der Spinalnerven« gebaut sind, und unterschied diese von denjenigen Hirnnerven, welche jenen Typus nicht erkennen lassen. Von grösstem Einflusse auf jene Auffassung der Nerven war die Vorstellung, welche man sich von der Zusammensetzung des Schädels aus Wirbeln machte. Da die Annahme von drei oder vier solcher Wirbel die verbreiteste, von den bedeutendsten Anatomen aufrecht erhaltene war, musste die Zahl der »spinalartigen« Hirnnerven auch eine dem entsprechende, somit geringe sein. Drei vertebrale Kopfnerven nahm bekanntlich Joh. Müller an, den Trigeminus als ersten, den Vagus, Glossopharyngeus und Accessorius Willisii zusammen als zweiten, und als dritten den Hypoglossus. Dass hiebei die höchsten Wirbelthierformen den Ausgangspunkt abgeben, ist deutlich genug erkennbar.

Was von vielen Andern noch über diesen Punkt geäussert ward, will ich übergehen, und nur Stannius sei noch erwähnt, der in seiner mehrfach citirten Arbeit für Herstellung eines anderen Ausgangspunk-

Digitized by Google

tes eine breite und feste Grundlage geliefert hatte. Aber auch STANNIUS kommt nur zu drei Nerven, die freilich andere sind als jene JOH. MÜLLER's. Auf den Hinterhauptswirbel kommen nach STANNIUS drei Nerven, der erste Spinalnerv, der N. vagus und der Glossopharyngeus, auf den zweiten einer, der N. facialis, und auf den vordersten wieder einer, der N. trigeminus. Es waren hiebei nur die Beziehungen der Nerven zur Schädelkapsel, nicht zum Visceralskelet berücksichtigt. Die Betrachtung des Verhältnisses der ventralen Aeste der spinalartigen Hirnnerven zu den Visceralbogen schien auch STANNIUS fruchtbarer. Aber da der Zusammenhang des Visceralskeletes mit dem Cranium nicht als nothwendig angenommen, und auch nicht aufgesucht ward, fand sich ein eigenthümliches Endergebniss, und die mangelnde Uebereinstimmung der Schädelwirbel mit den Bogen des Visceralskelets fand in den Nerven ihre Bestätigung. Es ergiebt sich also das Bestehen eines Missverhältnisses zwischen den sogenannten Schädelwirbeln und den Visceralbogen, oder es wird angenommen werden müssen, dass die letzteren den Schädelwirbeln fremde Gebilde sind. Im letztern Falle wird der Ramus ventralis eines Hirnnerven etwas ganz anderes sein müssen, als derselbe Ast eines Spinalnerven, der letztere geht zu einem zum betreffenden Wirbel gehörigen Abschnitte des Körpers, der erstere dagegen tritt an einen Theil der nicht zu demjenigen Wirbel gehört, zu dem der betreffende Nervenstamm Beziehungen besitzt. Wenn sich nun ein Nervenast nur nach dem Theile bestimmt, zu dem er sich verbreitet, so liegt die Verschiedenheit der beiden verglichenen Rami zu Tage. Damit wird der Vergleichungsversuch hinfällig, und es könnte sich fragen, ob dann mit der Kenntniss dieser oder jener Spinalnerven-Eigenthümlichkeit an diesem oder jenem Cerebralnerven viel gewonnen sei. Und doch ist es so! Haben sich uns doch hierin, wenn auch nur vereinzelte Spuren zur Erkenntniss des Ganzen erhalten, Spuren, die uns immer wieder zu neuen führen und uns vom Groben und Augenfälligen zum Feinen und Verborgenen leitend uns allmählich den Sinn schärfen zur Wahrnehmung des Bedeutungsvollen selbst in unansehnlichen Resten.

Theilweise ist bereits in der vorhergehenden Abtheilung dieser Arbeit auf die Vergleichung von Hirnnerven mit Spinalnerven hingewiesen worden, bei einigen näher und schärfer, bei anderen mehr nur von der Ferne, je nach dem Grade, in dem das betreffende Verhältniss hervortrat.

Dagegen will ich jetzt versuchen, jene Vergleichung mit Beziehung auf das Kopfskelet weiter zu führen, und den Factoren, welche aus dem Verhalten des letzteren sich als einflussreiche für die Umgestaltung

Digitized by Google

der ursprünglichen Beziehungen erkennen lassen, besondere Rücksichtnahme schenken. Indem ich von den Selachiern, speciell von Hexanchus, ausgehe, befinde ich mich in dem günstigen Falle, nicht durch »Schädelwirbel« gehindert zu sein in der Beziehung des Visceral skelets auf das Cranium. Diese Beziehungen bilden den Angelpunkt der Frage. Gehört das Visceralskelet nicht dem Cranium an, so ist jeder Vergleichungsversuch an den Nerven verlorene Mühe, denn wird dann unmöglich zur Einsicht in eine Organisation zu kommen, die mit dem Verhalten des hinteren Axenskeletes Aehnlichkeit besitzt, und aus derartigen Bildungen, wie wir sie an der Wirbelsäule und ihren Anhängen finden, entstanden gedacht werden kann. Fragen wir also zuvörderst, ob und welche Gründe bestehen, die das Visceralskelet zum Cranium gehörig betrachten lassen. Dass diese zusammengehörige Theile sind, lehren zunächst die bei Notidaniden constanten Verbindungen zweier Visceralbogen mit dem Cranium, es ist der Kiefer- und der Zungenbeinbogen, die dem Cranium articuliren, und von dem nur der letztere dieses Verhältniss in den höheren Abtheilungen noch beibehält [1]).

Dass aber auch die anderen Visceralbogen dem Cranium zugehören, kann zunächst aus den ihnen zukommenden Nerven ersehen werden, die sämmtlich von dem im Cranium liegenden Theile des centralen Nervensystems stammen, und sämmtlich die Schädelwand durchsetzen. Der Nachweis der die Ablösung eines Theiles des Visceralskelets bedingenden Momente wird im Stande sein können, die Anschauung von der Zusammengehörigkeit zum Cranium zu befestigen. Vergleichen wir den Kieferbogen mit dem Zungenbeinbogen, oder einem der Kiemenbogen, so tritt uns zunächst die bedeutende Volumenverschiedenheit entgegen. Die beiden mächtig entwickelten Gliedstücke dieses Bogens — Palatoquadratum oder Oberkieferstück, und das Unterkieferstück — mit den ihnen aufgelagerten ansehnlichen Muskeln (vergl. Fig. 1) werden die dahinter gelegenen Bogen beeinträchtigen und sie aus der queren in eine mehr schräge Richtung versetzen. Mehr als die Vergrösserung des Kieferbogens wird noch eine ungleichgradige

1) Die Articulationsstelle des Kieferbogens der Notidaniden ist nicht das gewohnliche, fast allen Haien zukommende, durch einen aufsteigenden Fortsatz des Palatoquadratum gebildete Gelenk an der Schädelbasis, oder am Orbitalboden, sie findet sich vielmehr am oberen postorbitalen Schädeltheile vor, in ziemlich gleicher Höhe mit dem Gelenke des Hyomandibularstückes. Dass auch noch ein dritter Visceralbogen bei den Notidaniden bleibende Schädelverbindung besitzt, ist sehr wahrscheinlich. Auf diese Verhältnisse kann hier jedoch nicht weiter eingegangen werden.

Digitized by Google

Volumszunahme jener hinteren Visceralbogen (Kiemenbogen) und des dazu gehörigen Abschnittes des Cranium wirksam gewesen sein, dergestalt, dass letzterer mit der Entfernung der Visceralbogen nicht gleichen Schritt hält. In diesem Falle wird eine Ablösung der Bogen vom Cranium erfolgt sein müssen. Da aber der am Schädel sich stützende Zungenbein- und Kieferbogen eine Verschiebung der abgelösten Bogen nach vorne zu nicht gestattet, so ist die Richtung nach hinten die einzige, in welcher Verschiebung Platz greifen konnte. Die vom Cranium abgelösten Bogen werden also hinter das Cranium zu liegen kommen, wodurch der Schein von Beziehungen der Kiemenbogen zur Wirbelsäule verbreitet wird. Die Entfernung der Kiemenbogen vom Schädel und ihre Lagerung hinter denselben kann nicht ohne Einfluss bleiben auf die für sie bestimmten Nerven. Wenn wir annehmen, dass der austretende Nerv unmittelbar an seiner Austrittsstelle den ihm zukommenden Körperabschnitt (Metamer) findet, wie solches für die Spinalnerven, mit Ausnahme der eben durch die Visceralbogen erzeugten Störungen der Fall ist, so werden bei bestehender Verbindung der Visceralbogen mit dem Cranium die austretenden Nerven einzeln die Schädelwand durchsetzen können. In diesem Falle findet sich der zum Zungenbeinbogen tretende Facialis, sowie auch noch der zum ersten Kiemenbogen gelangende Glossopharyngeus. Letzterer ist wohl nur deshalb discreten Verlaufs, da der, wenn auch abgelöste Bogen doch dem Schädel noch nahe liegt. Je weiter dagegen nach hinten die Kiemenbogen folgen, desto mehr werden sie sich von der Austrittsstelle der bezüglichen Nerven entfernen, und desto mehr werden die letzteren enger sich aneinander schliessen, und auf ihrem Wege von der Medulla oblongata zur Austrittsstelle aus dem Schädel convergiren müssen. In dieser Beziehung wird man sich vorstellen können, dass getrennte Nerven allmählich ihre Austrittslöcher zusammenfliessen lassen werden, je weiter entfernt von der Austrittsstelle nach hinten zu sie ihren Verbreitungsbezirk finden. Im Befunde des Vagus von Hexanchus drückt sich diese Beziehung recht deutlich aus (vergl. Fig. 1). Die Vaguswurzeln convergiren sämmtlich nach hinten. Denkt man sie sich einzeln aus dem Schädel gelangend unter Vergrösserung resp. Verlängerung des bezüglichen Theiles des Craniums, so wird man schliesslich zu einem Verhalten der Kiemenbogen zum Cranium kommen, welches wir vorhin voraussetzten, und welches jenem entspricht, das noch am Zungenbeinbogen fortbesteht.

Die angenommene Voraussetzung findet demgemäss in dem thatsächlichen Verhalten der Nerven ihre volle Bestätigung. Als ein Einwand kann aber noch das Verhalten der unteren Vaguswurzeln dienen.

Digitized by Google

Man könnte in dieser Hinsicht sagen: ist die Verbindung der einzelnen zu den Kiemenbogen tretenden Nervenstränge, welche die obere Wurzelreihe des Vagus darstellen, zu einem einzigen den Schädel durch einen einzigen Canal verlassenden Nervenstamm durch eine Verschiebung der Kiemenbogen nach hinten erfolgt, so müsste das gleiche Verhalten auch an den unteren Wurzeln stattgefunden haben. Diese treten jedoch getrennt aus dem Schädel. Der oben angenommene Einfluss der Verschiebung der Kiemenbogen hat also hier keine Aeusserung gefunden, daher der aufgestellte Causalnexus zwischen Lagerung der Kiemenbogen und Zusammenfliessen von Nervensträngen mindestens in Zweifel zu ziehen ist.

Hiegegen bemerke ich: 1) dass jene unteren Vaguswurzeln deshalb nicht in völlig gleichem Verhalten wie die oberen sich treffen können, weil sie an Zahl viel geringer sind; 2) dass bis zu einem gewissen Grade in der That dasselbe Verhältniss sich gegeben findet, insoferne die Convergenz der bezüglichen Nerven nach hinten gleichfalls besteht. Die Austrittsstellen liegen einander näher als die Eintrittsstellen in die Schädelwand, und letztere sind wieder näher an einander als die Austrittsstellen aus der Medulla oblongata. Je weiter diese einzelnen Stellen nach aussen lagern, desto weiter sind sie nach hinten gerückt. In Beachtung dieses Verhaltens erkennen wir also das Gleiche wie an den oberen Wurzeln, und wenn der Verlauf durch die Schädelwand doch ein isolirter bleibt, so ist zur Erklärung dieses Umstandes die geringere Zahl der schwachen Nervenfädchen vollkommen genügend. Wir sehen demnach in dem Befunde der unteren Wurzeln nicht nur keinen Grund gegen unsere Annahme, sondern finden vielmehr in ihm eine Bestätigung derselben, da er damit in vollem Einklange steht.

Dieselbe Uebereinstimmung ergiebt sich im Verhalten der vordersten Spinalnerven. Dieselben senden ihre Rami dorsales zum dorsalen Seitenrumpfmuskel empor, lassen aber die Rami ventrales nach hinten treten, und zwar gleichfalls unter bedeutender Convergenz. Die Endverbreitung dieser R. ventrales findet erst hinter deren Kiemengerüste statt, und die von den einzelnen Nerven zurückzulegende Wegestrecke, auf der keine Verzweigung statt hat, ist um so länger, je näher dem Cranium die Nerven aus dem Rückenmark austreten. Diese Verlaufsverhältnisse lassen erkennen, dass die Verbreitungsbezirke der Rami ventrales der genannten Spinalnerven von der ursprünglichen Lagerung sich entfernt haben müssen, sie sind nach hinten gerückt, und ihre Stelle wird von den Kiemenbogen eingenommen, die ihre Nerven von dem Cranium beziehen und denselben demgemäss einen ähnlichen nach hinten gerichteten Verlauf zutheilen mussten.

Digitized by Google

Aus der Summe aller dieser Thatsachen ergiebt sich, dass im Vagus eine Mehrzahl ursprünglich discreter Nerven vorliegt, die sich den Spinalnerven homolog verhalten, die aber theils durch die Lageveränderung des von ihnen versorgten Abschnittes des Visceralskeletes, theils durch Ungleichmässigkeit der Volumsentfaltung des betreffenden Abschnittes des Centralnervensystems und der dasselbe umschliessenden Skeletbildung im Vergleiche zu dem dazugehörigen Theile des Visceralskeletes, allmählich zu einem einzigen Nervenstamme zusammengetreten sind. Wir sehen also den Vagus nicht als einem einzigen Spinalnerven, sondern als einer Summe von solchen homodynam an. Consequent muss dann auch der die Vaguswurzeln tragende Theil der Medulla oblongata einem, eine grössere Anzahl von Spinalnerven Ursprung gebenden Abschnitte des Rückenmarks verglichen werden. Da aber jene Strecke der Medulla oblongata kürzer ist als eine selbst nur drei Spinalnerven entsendende Strecke des Rückenmarks, so stellt sich aus dem Vergleiche mit letzterem für die Medulla oblongata eine Zusammenziehung heraus, die uns zugleich die dichte Folge der austretenden Vaguswurzeln verständlich macht. Diese Verkürzung eines Abschnittes des Centralnervensystemes verlangt einen ähnlichen Vorgang für den es umschiessenden Abschnitt des Craniums, wofür gleichfalls Belege beigebracht werden können. Vor Allem ist dieser Vorgang der Verkürzung an beiden Theilen nachweisbar. Er besteht nämlich in einem gewissen Maasse im Verlaufe der Ontogenie, wie mich Messungen der bezüglichen Theile an Embryonen von Acanthias und die Vergleichung mit erwachsenen Thieren gelehrt haben. Dem Einflusse dieser Verkürzung muss somit für die Verschiebung des Visceralskelets nach hinten die grösste Bedeutung zugeschrieben werden.

Wie gross die Anzahl der zur Bildung des Vagus zusammengetretenen Nerven ist, wird sich am sichersten aus der Anzahl der zu den bezüglichen einzelnen Metameren des Körpers tretenden Nervenäste bestimmen lassen. Als solche Metameren erscheinen die Bogen des Visceralskelets, hier die Kiemenbogen. Da nun der Vagus bei Hexanchus fünf Kiemenbogen versorgt, werden wir fünf im Vagus verschmolzene Nerven annehmen müssen. In Anbetracht des intervertebralen Verhaltens der Spinalnerven wird der erste, auch noch einen Ast zum Zungenbeinbogen sendende Ramus ventralis (resp. R. branchialis) jenem der problematischen Nervenstämme angehören, der zwischen der Verbindung des Zungenbeinbogens und des ersten Kiemenbogens seinen Austritt aus dem Cranium hatte, und die übrigen dann in entsprechender Weise. Dass bei Heptanchus, wo die Zahl der Kiemenbogen um einen vermehrt ist, nicht die Zahl der den Vagus zusammensetzenden Nerven

Digitized by Google

als eine entsprechend höhere anzusehen, erscheint als wahrscheinlich. Ob sie ebenso bei den übrigen, mit nur fünf Kiemenbogen versehenen Selachiern als eine verminderte zu gelten hat, ist dagegen in hohem Grade fraglich. Das Vorkommen eines rudimentären sechsten Kiemenbogens liesse schliessen, dass eine höhere Zahl der in Rede stehenden Bogen nicht blos allgemeiner verbreitet war, sondern dass vielmehr jene mit beschränkterer Zahl der Bogen von solchen mit zahlreicheren Bogen abstammen, dass die Minderung daher keine ursprüngliche, sondern eine innerhalb des Selachierstammes erworbene ist. Jenes von STANNIUS angegebene Rudiment ist jedoch nicht nachweisbar. Wie also für die mit nur fünf Kiemenbogen versehenen Selachier eine ursprünglich grössere Zahl von Kiemenbogen, vorläufig nur aus dem Vorkommen eines ausgebildeten sechsten (Hexanchus), oder sogar eines ausgebildeten siebenten (Heptanchus), angenommen werden darf, so ist auch das Gleiche bezüglich der Nerven vorauszusetzen. Dass die Minderung der Bogenzahl keine plötzliche war, etwa gleich bei der ersten Embryonalanlage dieser oder jener Form entstandene, möchte aus der Art anderer Reductionen zu erschliessen sein, und ich darf unterlassen, die hiefür bestehenden sonstigen Gründe aufzuführen. Gehen wir davon aus, und erkennen die Rückbildung als einen von Individuum auf Individuum durch Generationen sich bildenden, durch bestimmte Bedingungen erhaltenen und stetig umsichgreifenden Vorgang, der somit in der Generationsreihe erworben wurde, so ist, da der gleiche Vorgang auch für die bezüglichen Nerven gelten muss, die Annahme einer die Kiemenbogenzahl übertreffenden Anzahl von discreten Nerven im Vagusstamme für die eine geminderte Kiemenbogenzahl besitzenden Selachier nothwendig, sie ist nothwendig eben weil wir jene einen reicheren Kiemenapparat besitzenden Formen als Stammform oder doch als solche die jener nahe stehen, betrachten müssen. Ob bei Rückbildung der R. branchiales auch bezüglich der als Vaguswurzeln erscheinenden Nervenstämme eine Reduction Platz gegriffen, ist für jetzt nicht bestimmbar; nothwendig ist ihre Annahme deshalb nicht, weil aus dem Vagus auch noch andere Organe als die Kiemenbogen versorgt werden.

Es ist bisher nur von den ventralen Aesten des Vagus die Rede gewesen, und diese waren es, die grossentheils für die zusammengesetzte Natur des Vagus Zeugniss ablegten. Wenn wir aber die den Vagus zusammensetzenden ursprünglich discreten Nerven als den Spinalnerven homodynam annehmen, so muss bei der Constanz des Vorkommens von dorsalen Aesten an letzteren auch am Vagus das Bestehen dorsaler Aeste sich nachweisen lassen, oder es müssen für die Rück-

Digitized by Google

bildung oder das Fehlen von solchen bestimmte Ursachen erkennbar sein.

Bei den Selachiern fehlen nach STANNIUS dorsale Vagusäste, allein bei Hexanchus ist ein solcher Ramus dorsalis vorhanden. Es ist also unnöthig, andere Zweige als Rami dorsales deuten zu wollen, wie den R. lateralis, den man hin und wieder wohl für einen hieher zu rechnenden Nerven ansah. Er kann aber schon deshalb nicht für einen dorsalen Ast gelten, weil er sich gar nicht in dem Gebiete des Vagus vertheilt. Das fragliche Gebiet kann nämlich nicht etwa hinter dem Cranium, über dem Visceralskelet, oder gar noch weiter caudalwärts gesucht werden, sondern es kann nur über dem Occipital-Theile des Craniums liegen. Hiebei kommt wieder die Verschiebung in Betracht, welche das Visceralskelet erlitten, und die Verbreitungsbezirke der R. ventrales hinter das Cranium verlegt hat. Da dieser Vorgang nicht auch an dorsalen Skelettheilen (der Umschliessung des occipitalen Abschnitts der Schädelhöhle) stattfand, können auch hierauf austretende und sich verzweigende dorsale Aeste von Nerven keine Lageveränderung erfahren haben. Bei diesem verschiedenen Verhalten dorsaler und ventraler Parthieen am Kopfe kann aus der retrocranialen Verbreitung der R. ventrales (R. branchiales) des Vagus kein Schluss auf die Nothwendigkeit der gleichen Verbreitung etwaiger R. dorsales gezogen werden, und es beschränkt sich das Gebiet der dorsalen Aeste mit Nothwendigkeit auf die erwähnte Localität. Die Dislocation des Kiemenskelets war, wie oben schon auseinandergesetzt, theilweise bedingt von einer ungleichgradigen Entwickelung dorsaler und ventraler Theile. Während letztere eine bedeutende Volumsentfaltung eingingen, blieben erstere auf niederer Stufe stehen, und erlitten, im Gegensatz zur Expansion des bezüglichen Visceralskelets, eine bedeutende Contraction. Sowohl in der Medulla oblongata als Contentum, sowie an dem betreffenden Schädeltheile als dem Continens ist das deutlich erkennbar. Die so entstandene Volumsdifferenz des ventralen und dorsalen Abschnittes kann nicht ohne Antheilnahme der bezüglichen Nerven bestehen; dem so bedeutend grösseren ventralen Gebiete werden mächtige Nervenstämme zukommen, indess wir am beschränkten dorsalen höchstens unansehnliche Zweige erwarten dürfen. Durch diese Prüfung der Verhältnisse gelangen wir zur Erklärung des Thatbestandes, nämlich der Rückbildung der dorsalen Aeste, welche der Rückbildung des dorsalen Gebietes vollkommen entspricht. Dass die Rückbildung des dorsalen Gebietes des Vagus keineswegs eine allgemein gleiche ist, sowie dass sie wiederum stufenweise sich entwickelte, das zeigt das Verhalten von Hexanchus im Vergleiche mit den

Digitized by Google

anderen Selachiern denen ein Ramus dorsalis des Vagus abgehen soll. Wenn dieser Ramus dorsalis sich bei den Teleostiern zwar nicht allgemein, aber doch verbreitet findet (als sogenannter Schädelhöhlenast des Vagus), so geht daraus hervor, dass der Befund bei Hexanchus trotz seiner Isolirtheit unter den Selachiern als der ursprünglich allgemeinere zu gelten hat, denn die den Dorsalast besitzenden Teleostier verweisen auf eine Stammform, welche in jener Hinsicht mit Hexanchus übereingestimmt haben muss.

Da der fragliche Nerv bei den Teleostiern aus den beiden Wurzelportionen des Vagus sich zusammensetzt, besteht Grund zur Annahme, dass er die Elemente mehrfacher Dorsaläste des Vagus in sich schliesst, und aus einer ähnlichen Verschmelzung oder Zusammenziehung hervorging, wie der sogenannte Stamm des Vagus. Für die Begründung dieser Ansicht verweise ich auf das, was oben (S. 518 u. 527) bezüglich der beiden Wurzelportionen des Vagus der Teleostier in Beziehung auf das Verhalten bei Selachiern, speciell bei Hexanchus, bemerkt wurde.

Die für den Vagus bei der Mannichfaltigkeit der umgestaltenden Beziehungen nur auf weiten Umwegen erreichte Erkenntniss seines Verhaltens zu Spinalnerven, ist leichter zugänglich beim nächst vorhergehenden Glossopharyngeus. Da dieser Nerv nur an zwei Visceralbogen sich vertheilt, davon er dem einen als Hauptstamm angehört, ist seine Bedeutung von der Peripherie her klar, zumal auch ein Ramus dorsalis die Uebereinstimmung mit Spinalnerven bestätigt.

Bedeutend complicirter sind die Verhältnisse des Facialis. Wenn auch die extracranialen Beziehungen dieses Nerven ihn unbedenklich anderen mit Spinalnerven homodynamen Nerven, wie dem nächstfolgenden Glossopharyngeus, gleich beurtheilen lassen, so ergiebt sich doch aus der Verbindung mit dem Acusticus ein bedeutendes Hinderniss, dessen Beseitigung versucht werden soll. Da der Facialis mit seinem Hauptaste zum Zungenbeinbogen mit einem schwächeren Zweige zum oberen Theile (Palato-Quadratum) des Kieferbogens tritt, der von seiner ursprünglichen Bedeutung als Kiemenbogen nur den unansehnlichen, anatomisch und functionell modificirten Rest einer Kieme in der Spritzlochkieme behalten hat, so kann man in ihm nur einen einzigen Nerven erblicken, und nicht einen Complex wie beim Vagus. Ob er aber vollständig einem einfachen Nerven verglichen werden kann, das wird von den Beziehungen zum Acusticus abhängig sein.

Man hat den Facialis als der motorischen Portion eines Nerven entsprechend angesehen, wobei der Acusticus die sensible Wurzel repräsentiren solle, indem man von den Säugethieren, speciell vom Menschen ausging, dessen Facialis ein Bewegungsnerv ist. Diese Be-

Digitized by Google

trachtungsweise kann für uns deshalb keine Geltung haben, da bei den Selachiern der Facialis keineswegs jene exclusive functionelle Bedeutung besitzt. Es fragt sich also nicht, ob der Acusticus die sensible Wurzel des Facialis vorstelle, sondern vielmehr ob er entweder einen Theil derselben repräsentire, oder ob er gar keine ursprüngliche Beziehung zum Facialis besitze. Im letzteren Falle könnte er als selbständiger Sinnesnerv gelten, etwa ebenso wie der Opticus. Die Verbindung mit dem Facialis, welcher vollkommen einem Spinalnerven entspräche, wäre dann eine secundäre. Ein für diese Auffassung sprechendes nennenswerthes Argument könnte etwa in der ersten Anlage des Acusticus gefunden werden, wenn derselbe als ein blasenförmiges Gebilde erschiene. Da der Acusticus selbst in seiner ersten Gestalt schon den Anschluss an den Facialis darbietet, kann aus jenem Verhalten nicht auf eine ursprüngliche Trennung vom Facialis geschlossen werden. Die Frage nach dem Verhältniss zum Facialis wird aber durch die ersten Zustände im Verlaufe der embryonalen Entwickelung nicht in jener anderen Weise beantwortet, und damit fällt der von da etwa ableitbare Einwand. Wir können also die Verbindung beider Nerven am Austritte aus der Medulla, ihren Verlauf und dann ihren gemeinsamen Eintritt in die Schädelwand für die Auffassung der Zusammengehörigkeit in Anschlag bringen, und die Homodynamie beider zusammen mit einem Spinalnerven aufrecht erhalten. Der Facialis kann dann als der递 Haupttheil des Nerven gelten, von dessen sensibler Wurzel ein Theil zum Acusticus ward. Wenn man den niedersten Zustand des Gehörorganes der Wirbelthiere als eine an der Körperoberfläche gelagerte Grube betrachtet, zu deren Epithel die Endigungen der Hörnerven treten, so ist zur Versorgung eines derartigen einfachen Organs eine um vieles geringere Quantität von Nervenfasern nöthig, als für den spätern Zustand, der aus dem durch Umbildung der Grube entstandenen Labyrinthbläschen sich differenzirt. Daher kann ein als primitiver Acusticus fungirender Zweig des Facialis zur Versorgung jenes Organs ausgereicht haben. Da ein Sinnesorgan in seiner specifischen Leistung gleichfalls nur allmählich entstanden und nicht durch einen plötzlichen Act, sei es einer ausserhalb, sei es einer innerhalb des Organismus wirksame »Kraft« hervorgerufen, vernünftigerweise gedacht werden kann, so ist es nothwendig, der Existenz des specifischen Organes einen indifferenteren Empfindungsapparat vorausgehend zu setzen. Das Organ würde demgemäss aus einem Theile der allgemein von sensiblen Nerven versorgten Körperoberfläche durch allmähliche Differenzirung entstanden sein. Ein sensibler Nervenzweig geht mit jenem Prozesse in einen sensorischen über, und an der von ihm versorg-

Digitized by Google

ten Hautstelle sondert sich das specifische Organ. Wer mit dem Befunde der Sinnesorgane niederer Thiere bekannt ist, wird an dieser Vorstellung keinen Anstoss nehmen. Durch diese Betrachtungsweise erklärt sich der bestehende Zusammenhang eines höheren Sinnesnerven mit einem andern Nerven, der in seinem Verhalten von den vom Rückenmark abgehenden nichts wesentlich Abweichendes darbietet. Dabei darf aber Ein Umstand nicht übersehen werden, jener nämlich, dass der zum Acusticus werdende Zweig schon von der sensiblen Wurzel abgeht, oder einen Theil dieser Wurzel vorstellt. Keine sensible Spinalwurzel tritt direct zu ihrer Endverzweigung, ohne zuvor in ein Ganglion einzugehen. Ebenso gilt die Durchflechtung der aus dem Ganglion getretenen Fasern mit denen der vorderen Wurzel für charakteristisch. Deshalb kann der Acusticus nicht als ein blosser Zweig eines einem Spinalnerven sich homodynam verhaltenden Nerven angesehen werden, und es muss bei Aufrechthaltung der Zusammengehörigkeit mit dem Facialis, für jenes Verhalten eine erklärende Deutung gesucht werden.

Dieser Versuch kann angetreten werden durch die Erwägung, dass die Erscheinung der Spinalganglien nicht absolut primärer Natur ist. Bei den Cyclostomen hat sie J. Müller nicht deutlich wahrgenommen, und bei den Teleostiern hat man sie lange Zeit vermisst. Das letztere rührte von dem Verhalten der Ganglien her, die sich oft auf eine längere Strecke der Nerven ausdehnen und dann keine deutliche Anschwellung bilden, so dass erst durch das Mikroskop der Nachweis eines Ganglion geliefert wird. Wenn wir diesen Zustand als eine Vertheilung von Ganglienzellen im Verlaufe von sensiblen Nervenfasermassen ansehen, und finden, dass die Zusammenziehung der Ganglienzellen auf eine beschränkte Stelle, und damit die sogenannte Ganglienbildung im grob anatomischen Sinne keineswegs eine allgemeine Bedeutung besitzt, wenn wir ferner hiezu noch erwägen, dass auch dem Acusticus mindestens in seinen terminalen Parthieen ein ganglionärer Abschnitt zukommt, so steht uns noch die mangelnde Durchflechtung des Acusticus mit motorischen Elementen des Facialis im Wege.

In den Spinalnerven hat die Durchflechtung der sensiblen und der motorischen Elemente die Bedeutung jedem der beiden aus dem Nervenstamme entstehenden Hauptäste (R. dorsalis et ventralis) [1] beiderlei

1) Dass die Sonderung der peripherischen Spinalnerven in einen Ramus dorsalis und ventralis gleichfalls erst ein allmählich gebildeter Zustand ist, lehren die Cyclostomen, bei denen nur ein einziger sich dorsal und ventral in Zweige auflösender Stamm für jeden Spinalnerven vorkommt.

Digitized by Google

Elemente zuzutheilen. Sie wird überall da stattfinden, wo beide Aeste Empfindungs- und Bewegungsnerven entsenden. Sie ist also ein Anpassungsverhältniss an das Endgebiet. Nehmen wir an, dass einer der Aeste nur Eine Art Nerven abzugeben hat, so wird dieser Ast direct aus der betreffenden Wurzel sich fortsetzen können. Solches erscheint nun für den als Acusticus bezeichneten Nerven gegeben.

Es wird bei dieser Auffassungsweise verständlich sein, dass solch' eine Wurzelportion des Acustico-Facialis nicht erst eine gemeinsame Ganglienbildung eingeht, und sich mit einer andern Portion durchflicht, sondern direct zu ihrem peripherischen Endapparate tritt. Die nahe Lagerung des Letzteren an der Austrittsstelle der fraglichen Wurzelportion aus der Schädelhöhle mag für die Herstellung des besprochenen Verhaltens gleichfalls von Einfluss sein.

Im Verfolge dieses Ideenganges scheint es nicht unwichtig, den Acusticus und Facialis zusammen als einen einzigen Nerv zu betrachten, von dem Ein Theil gleich von der Wurzel aus sich zu seinem naheliegenden Endorgane, dem Labyrinth, begiebt, und dadurch vom übrigen sich sondert. Ob der erstere, der den Acusticus vorstellt, dabei zugleich einen sonst fehlenden Ramus dorsalis vertritt, bleibt noch eine Frage, die zur Besprechung mir noch nicht reif erscheint.

Für den T r i g e m i n u s kommt wieder eine Reihe von Fragen in Betracht. Den dritten und den vierten Ast dieses Nerven haben wir als Nerven zweier Bogen des Visceralskelets, des Kieferbogens und des Lippenknorpelbogens, kennen gelernt. Sie entsprechen damit ventralen Aesten. Nach dem oben (S. 536) aufgestellten und ausgeführten Satze, dass die Visceralbogen dem Cranium zugehörende Bildungen sind, und dass jeder derselben einem mit einem Wirbel homodynamen Abschnitte des Craniums entspricht, müssen im Trigeminus z w e i mit einander verbundene Nerven gesehen werden.

Es liegt nahe, diese Auffassung auszudehnen und auch den ersten Ast (R. ophthalmicus) als einen ursprünglich discreten Nerven zu beurtheilen. Ich hatte mich dazu verleiten lassen durch die Beziehungen, welche ein Endzweig dieses Astes zu dem auf dem ersten oberen Labialknorpel entstehenden Prämaxillare der Teleostier sowohl wie der Amphibien und auch der höheren Wirbelthiere besitzt. Dennoch kann ich diesen Ast nicht mit den beiden andern für homodynam halten, und damit nicht als einen Ramus ventralis ansehen. Erstlich tritt er zum oberen Lippenknorpel, nachdem er zuvor über die Dorsalfläche des Craniums verlief; zweitens durchsetzt er auf diesem Wege, meist schräg aufwärtssteigend das Cranium, und drittens nimmt er seinen Verlauf über den Opticus. Der erste und zweite Punkt spricht für einen R.

Digitized by Google

dorsalis. Der dritte Punkt bedarf der Erläuterung. Berücksichtigt man, dass der Opticus vor dem Trigeminus seinen Ursprung hat, so wird bei Ausdehnung des ventralen Trigeminusgebietes nach vorne zu, vor dem Opticus, jeder ventrale Ast des Trigeminus nur hinter oder unter dem Opticus liegen können. Da nun der R. ophthalmicus über dem Opticus lagert, so kann er keinen R. ventralis vorstellen. Sieht man ihn als einen R. dorsalis an, wie das zuerst von Stannius, wenn auch in anderer Auffassung des gesammten Trigeminus geschah, so entspricht dem der ganze Verlauf, sowie die Verbreitung des Nerven [1]). Die Ablenkung der geraden Richtung in die schräg vorwärts und aufwärts gerichtete wird genügend erklärt durch Ausdehnung des Schädels nach vorne zu, die sich auch durch das Verhalten des zweiten Trigeminusastes erkennen lässt. Für diesen, der Erscheinung am hinteren Schädelabschnitte gerade entgegengesetzten Zustand, sind folgende Verhältnisse in Betracht zu ziehen, welche, theilweise bestimmt, als wichtige umgestaltende Factoren gelten dürfen.

Als bedeutendsten Factor betrachte ich die Differenzirung der einzelnen Bogen des Visceralskelets, und zwar das Heraustreten des Kieferbogens aus einem indifferenten, etwa mit den Kiemenbogen ähnlichen Zustande. Die voluminöse Gestaltung der beiden, jede Bogenhälfte zusammensetzenden Stücke, dann die Bildung des Oberkiefer-

---

1) Als ein möglicher Einwand gegen die Deutung des Ramus ophthalmicus als Ramus dorsalis kann die Verbindung eines Zweiges desselben mit dem Ganglion ciliare gelten. Dadurch stellt sich der Ramus ophthalmicus mit dem zweiten und dritten Aste auf gleiche Stufe, aber nicht blos das, er tritt auch in dasselbe Verhalten zum Sympathicus wie die Rami ventrales der Spinalnerven. Kein Ramus dorsalis ist mit einem sympathischen Ganglion versehen, also wird der R. ophthalmicus, der ein solches besitzt, keinen Ramus dorsalis vorstellen. So mag die Folgerung lauten, die man aus jener Thatsache ziehen kann. Ob die Folgerung richtig ist, ist eine andere Frage. Ich beanstande die Richtigkeit, denn die Verbindung mit einem sympathischen Ganglion ist etwas ganz secundäres. Der Mangel der Verbindung mit dem Sympathicus liegt weniger im Wesen der Rami dorsales an sich, als er vielmehr aus dem Gebiete der letzteren resultirt. Sie versorgen keine Körpertheile, in denen der Sympathicus eine reiche Verbreitung besitzt. Wir können aber die Möglichkeit nicht in Abrede stellen, dass auch einem Ramus dorsalis, wenn er zu Organen tritt, die vom Gebiete des Sympathicus versorgt werden, ein Ganglion dieses Systems sich anfügt, dass da ein Ganglion sich ausbildet und mit der Entfaltung eines bestimmten, anfänglich vielleicht nur von einigen Fasern versorgten Organes eine reichere Zahl sympathischer Nerven entsteht. Die Beziehung des R. ophthalmicus zum Ganglion ciliare ist damit als eine Anpassung aufzufassen, und aus diesem Verhalten entsteht um so weniger ein Grund gegen obige Deutung des R. opthalmicus, als das Ganglion wie der ganze Kopftheil des Grenzstranges gerade den Selachiern fehlt.

Digitized by Google

fortsatzes, der beide Dorsalstücke (Palatoquadratum) des Bogens median einander näher bringt, wird nicht ohne Einfluss auf die Ausdehnung des Craniums nach vorne zu sein, wenn, wie das bei Selachiern der Fall ist, der Oberkieferfortsatz der Schädelbasis eine besondere Stütze hat. Die Entfaltung des Kieferbogens hat zugleich die in die Labialknorpel sich umbildenden Visceralbogen nach vorne gedrängt, dem entspricht die Richtung des Verlaufes der beiden ventralen Trigeminusäste. Die Anpassung des Nervenverlaufs an die durch die massiven Kiefertheile und ihre Muskulatur bedingte Aenderung der Verhältnisse ist auf der beigegebenen Fig. 1 augenfällig.

Als zweites wichtiges Moment für die Umgestaltung des vordern Schädelabschnittes ist die Entwickelung der Nasenkapseln sowie der Augäpfel anzuführen. Durch erstere empfängt der vorderste Schädeltheil eine beträchtliche Breite, und durch Entwickelung des Bulbus oculi dehnt sich ein Abschnitt des Craniums zum Orbitaltheil aus, in dessen Buchtung der Bulbus sich einbettet. Die mediane Wand der Orbita liegt vor der Austrittsstelle des Trigeminus, welche so ziemlich dem hintersten Winkel der Orbita entspricht. Die mit dieser Wand in Beziehung tretenden Nerven (mit einziger Ausnahme des Opticus) verlaufen parallel zu ihr (Olfactorius innen, Ramus ophthalmicus aussen), oder wenn ein Nerv die Wand durchsetzt (wie der Trochlearis), so ist doch eine Strecke des Verlaufs in spitzem Winkel zur Orbitalwand gerichtet und die Durchtrittsstelle durch die Schädelwand liegt weit vor der Austrittsstelle aus dem Gehirn. Wenn dieses incongruente Verhalten wie billig als ein erworbenes angesehen werden muss, so findet sich seine Ursache entweder in einem Zurückweichen des Gehirns, oder in einem Vorwärtstreten der seitlichen Schädeltheile sammt Bulbus. Ersteres mag in kleinem Maassstabe stattgefunden haben, wie aus der Thatsache erschliessbar ist, dass das embryonale Gehirn der Selachier stets die Schädelhöhle ausfüllt, während es später bei den meisten einen geringen Raum einnimmt. Vollkommen ausreichend ist jedoch die Annahme eines Zurückweichens des Gehirns deshalb nicht, weil der Trochlearis, nur wenig vor dem Facialis das Gehirn verlässt, welcher in Aus- und Durchtrittsstelle gleiche Querrichtung darbietet, somit das für diese Stelle sich treffende Fortbestehen des ursprünglichen Verhaltens bezeugt. Er stellt in dieser Beziehung gewissermaassen einen Indifferenzpunkt vor; die hinter dem Facialis liegenden Nerven sind schräg nach hinten, die vor ihm liegenden schräg nach vorne gerichtet. Da nun die zwischen Aus- und Durchtrittsstelle des Trochlearis entstandene Differenz nicht aus einer veränderten Lagerung des Gehirnes ausreichend erklärt werden kann, so wird nöthig, die Veränderung am

Digitized by Google

Schädel selbst anzunehmen, sie in einer Ausdehnung zu suchen, die etwa von der Austrittsstelle des Facialis an, nach vorne zu stattfand. Einen Rest dieses Vorgangs vermag die Ontogenie noch nachzuweisen.

Was die ursächlichen Momente angeht, welche die Vereinigung zweier Nerven zur Bildung des Trigeminus hervorriefen, so sind darüber minder bestimmte Angaben möglich, als es für den Vagus der Fall war. DieThatsache zweier, zu ebensovielen Visceralbogen gehenden Rami ventrales muss daher einstweilen genügen. Vielleicht ist auch die Ungleichartigkeit der Differenzirung der ersten drei ursprünglichen Visceralbogen (Labialknorpel und Kieferbogen), so wie die Ablösung des Labialknorpelbogens vom Cranium als daran betheiligt zu erachten, letzteres insofern als dabei das Intervertebralspatium zwischen dem zweiten und dritten Trigeminusast reduzirt, und damit für ein Zusammentreten getrennt den Schädel verlassender Nerven ein Anlass geboten ward.

Endlich ist für die Auffassung des Trigeminus als eines Complexes zweier Nerven, der als Ramus dorsalis erscheinende Schädelhöhlenast von Bedeutung, der bei vielen Fischen nachgewiesen ist. Es bestehen demnach zwei Rami dorsales, da wir den Ramus ophthalmicus gleichfalls als solchen gedeutet haben.

Das functionelle Verhältniss der aus dem Trigeminusstamme tretenden Aeste fordert zu ferneren Erwägungen auf. Da der erste Ramus dorsalis (R. ophthalmicus) sowie der erste Ramus ventralis (R. secundus, s. R. maxillaris superior) rein sensibler Natur ist, während der zweite Ventralast (R. tertius, s. R. maxillaris inferior) einen gemischten Nerven vorstellt, so ergiebt sich, dass der ganze erste den Trigeminus bilden helfende Nerv motorischer Theile entbehrt. Man könnte annehmen, dass dieselben unter Rückbildung der peripherischen Endorgane schwanden, wenn man nicht auf besondere rein motorische Nerven verwiesen würde, die im Trigeminusgebiete sich verzweigen.

Ob die drei Augenmuskelnerven sämmtlich hieher bezogen werden können, erscheint mir zwar keineswegs über jedem Zweifel, doch glaube ich, dass für den Abduceus und Oculomotorius mindere Bedenken bestehen.

Die Zugehörigkeit zum Trigeminus sehe ich in folgenden Thatsachen ausgedrückt:

1) in dem gleichen Verzweigungsgebiete, in Muskeln derselben Region, deren Hauttheile vom Trigeminus versorgt werden.

2) In der bei manchen Fischen und Amphibien vorkommenden Verbindung mit dem Trigeminus. Diese ist entweder derart, dass discrete Nervenwurzeln in den Trigeminus eingehen, oder dass ohne das

Digitized by Google

Bestehen solch' discreter Wurzeln der Trigeminus die bezüglichen Muskeln versorgt[1]).

Der selbständige Austritt dieser Nerven aus der Schädelhöhle fällt als Gegengrund weg, sobald wir das Verhalten der Spinalnerven beachten, deren motorische Wurzeln gleichfalls getrennt von den sensiblen, die Wandung des Rückgratcanals durchsetzen, wie schon oben bei den untern (vordern), ähnliche Verhältnisse darbietenden Vaguswurzeln hervorgehoben ward. Es ist also nur der Umstand, dass die Augenmuskelnerven nicht zusammen durch eine gemeinsame Schädelöffnung austreten, und dass sie ausserhalb des Craniums keine Verbindung mit dem zweiten Trigeminusaste eingehen, auffallend und unerklärt. Beides wird verständlicher durch die Beachtung der getrennt liegenden Endgebiete und der sofort nach dem Austritte aus der Schädelwand sich ergebenden Endverbreitung. Auch dadurch können wir begreifen, dass die Orbitalwand erst mit der Entstehung des Auges eine bedeutende Ausdehnung gewann, so dass anfänglich nahe beisammen liegende Theile auseinanderrückten. Als eine bis jetzt unlösbare Frage bleibt noch die Entfernung der Ursprungsstätten dieser Nerven, namentlich das Verhältniss des Trochlearis zum Oculomotorius und Abducens bestehen. Selbst nur zur Besprechung dieser Frage bedürfte es einer tieferen Erkenntniss des Gehirnes, namentlich seines vorderen Abschnittes. Ich halte daher die von mir aufgestellten Beziehungen der genannten Nerven zu einander einer ferneren Begründung bedürftig, und kann für meine Ansicht vorerst nur einen gewissen Grad von Wahrscheinlichkeit beanspruchen. Die für die hintere Abtheilung der Hirnnerven aus der Vergleichung hervorgegangenen Auffassungen gestalten sich demnach viel weniger bestimmt für die vorderen, das dort

1) Ein Ueberblick über diese Verhältnisse zeigt Folgendes: Wenn wir von den Myxinoiden wegen der bestehenden Rückbildung ihrer Sehorgane absehen, so ergeben die Petromyzonten unter den Cyclostomen nur einen gesonderten Trochlearis, während der Abducens ein Zweig des Trigeminus ist, der auch den Rectus inferior versorgt. Der Oculomotorius ist daher in seiner Verbreitung beschränkt, da nur Rectus superior internus und Obliquus inferior von ihm versorgt wird. Bei Lepidosiren werden alle drei Augenmuskelnerven nach Hyrtl »durch Zweige des Quintus vertreten«. Bei den Amphibien bieten die Urodelen bezüglich des Trochlearis Schwierigkeiten, discret ist er nur bei Siredon beobachtet, bei Menobranchus, Salamandra und Triton ist er, wie es scheint, durch einen Trigeminuszweig ersetzt (Fischer). Die Anuren besitzen sehr verbreitet die Abducenswurzel in die Bahn des Trigeminus übergegangen (Fischer, Wyman). Selbständigen Verlaufs ist der Abducens bei Bufo palmarum, wo er ausser im Rectus externus auch noch im Suspensorius bulbi sich verzweigt (Fischer).

Digitized by Google

verhältnissmässig Klare und Einfache wird hier dunkel und complicirt, und es bleibt auch bei der genauesten Prüfung manches problematisch.

Auch dieser Umstand fügt sich uns in den Zusammenhang. Indem wir die hintere Nervengruppe (den Glossopharyngeus und den Vagus mit seinen Differenzirungen) mit den darauf folgenden Spinalnerven verglichen, ergeben sich für erstere bedeutungsvolle Umwandlungen, die bei der Vergleichung der hintern Hirnnervengruppe mit der vorderen (Facialis, Trigeminus, Augenmuskelnerven) bei dieser noch in höherem Maasse sich steigerten. Es besteht somit in der Reihe von hinten nach vorne zu eine Zunahme der Veränderung. Der an den Spinalnerven ausgesprochene »Typus« verliert sich an Hirnnerven in dem Maasse als letztere vom Rückenmarke entfernt entspringen. Dem erweist sich das Verhalten des Gehirnes parallel, das an dem hinteren Abschnitte, der Medulla oblongata, mit dem allmählich aus ihm sich fortsetzenden Rückenmarke viel grössere Uebereinstimmungen bietet als am vorderen. Es kann also am gesammten Nervensystem eine den Kopftheil desselben betreffende Differenzirung erkannt werden, die vom Rückenmarke aus nach vorne zu stetig zunimmt, centrale und peripherische Theile gleichmässig ergreifend.

Den Hirnnerven werden noch zwei Nerven zugezählt, die ich bisher ausser Betracht gelassen haben, der Olfactorius und der Opticus, beide stellen sich ausserhalb der Reihe, in welche die übrigen sich einfügen.

Der Olfactorius kann, soweit er in der Schädelhöhle liegt, nicht als peripherischer Nerv betrachtet werden. Er ist vielmehr ein vom Vorderhirn differenzirter Abschnitt, der seine Natur als Centralorgan (Lobus olfactorius) unter keinen Umständen aufgiebt. Von dem vordersten Ende dieses Centralorgans entspringen stets zahlreiche Nerven, welche die eigentlichen peripherischen Theile sind und sich sofort zum Riechorgan begeben. Je nach der grösseren oder geringeren Entfernung der Riechgrube vom Vorderhirn, gestaltet sich das Centralorgan der Riechnerven länger oder kürzer. Bei grösserer Entfernung sondert es sich in zwei Abschnitte, einen vorderen bei allen Selachiern stets dem von den Riechnerven durchbrochenen Grunde der Riechgrube angelagert bleibend, und eine gangliöse Beschaffenheit behaltend (Bulbus olfactorius), und einen hinteren, der die Verbindung mit dem Vorderhirne vermittelt (Tractus olfactorius). Der Befund des Tractus kann bei Hintansetzung der Erwägung seines constanten Verlaufes innerhalb der Schädelhöhle am meisten zu der Auffassung verleiten, der ich oben entgegengetreten bin. Die Ontogenie führt zu den gleichen Resultaten, indem sie die Entstehung des Lobus olfactorius aus dem Vorderhirn

Digitized by Google

kennen lehrt, und die Bildung des Tractus als einen secundären Vorgang nachweist.

Aehnlich verhält es sich mit dem Opticus bezüglich seiner Entstehung durch Differenzirung aus dem Centralorgane des Nervensystems. Wenn dieser Nerv auch die Schädelhöhle verlässt, so verweist doch seine und theilweise seines Endapparates Entstehung auf engere Beziehungen zum Centralorgane. Diese bestimmter zu präcisiren ist gegenwärtig unmöglich, einestheils weil das Wirbelthierauge uns bis jetzt nur in einem relativ hohen Entwickelungszustande bekannt ist, anderntheils weil die embryologischen Thatsachen bezüglich des Sehorganes nicht derart gestaltet sind, dass daraus mit einiger Sicherheit auf jenen postulirten niederen Zustand geschlossen werden könnte. In der Ontogenie des Auges scheinen zahlreiche Stadien zusammengezogen zu sein, die palaeontologisch weit auseinander liegen. Damit harmonirt sowohl das frühe Auftreten der ersten Anlage in der sogenannten primären Augenblase, als auch die Betheiligung so mannichfaltiger Prozesse an der Bildung des Bulbus oculi. Obgleich die erste Anlage noch weit davon entfernt ist, ein Sehorgan vorzustellen, so kann doch aus ihrem Bestehen auf eine palaeontologisch sehr weit zurückliegende Entstehung dieses Organes geschlossen werden. Danach dürfte auch der Opticus zu beurtheilen sein.

Für das Geruchsorgan deuten zwar weniger die seine Anlage begleitenden, an sich ziemlich einfachen Vorgänge, als vielmehr wiederum die frühzeitige Entstehung auf dasselbe Verhältniss hin, dessen vorhin beim Auge gedacht wurde. Für beide Organe ergiebt sich damit ein Grund, sie für solche Einrichtungen zu halten, welche aus einem niederen Zustande in den Wirbelthiertypus übergingen.

Wer nicht für besser hält, den niedersten Wirbelthierzustand spontan entstanden sich vorzustellen, der wird die Voraussetzung eines ungegliederten, d. h. der Theilung des Körpers in den Wirbeln entsprechende Segmente (Metameren), entbehrenden Zustandes für nothwendig halten, aus welchem der Organismus durch die Metamerenbildung in die Wirbelthierform überging.

Einem solchen ungegliederten Organismus scheinen die beiden Sinnesorgane angehört zu haben. Sie haben ihren Platz am vordersten Körpertheile, der der Metamerenbildung nicht unterworfen ward, wie aus der Thatsache hervorgeht, dass die vordersten Bogen des Visceralskeletes, den ihnen zugetheilten Nerven zufolge, einem hinter jenen Sinnesorganen liegenden Abschnitte des Craniums angehören. Demzufolge wird begreiflich, dass Olfactorius (resp. dessen Endäste) wie Opticus, der mit der Metamerenbildung erworbenen Einrichtung

Digitized by

des übrigen peripherischen Nervensystems nicht folgen, sondern diesem gegenüber ein selbständiges Verhalten darbieten, welches zugleich für jeden dieser einem specifischen Sinnesorgane angehörigen Nerven ein besonderes ist.

Nach diesem morphologischen Gesichtspunkte sondere ich die Kopfnerven in zwei grosse Abtheilungen, deren eine die Nerven der nicht auf Metameren vertheilten Organe des Geruch- und des Gesichtsinnes begreift, indess die andere Abtheilung alle übrigen umfasst.

Das Verhalten der auf Metameren sich vertheilenden Nerven ist am Kopfe durch die hier mehr oder minder deutlich erhaltenen ventralen Rami erkennbar, welche das Visceralskelet, nämlich die ventralen Bogenstücke des Kopfskelets, versorgen. Es ist in folgender Uebersicht darstellbar, wobei dem durch die Verzweigung eines Astes an zwei benachbarte Metameren ausgesprochenen intervertebralen (intermetameren) Verhalten [1]) Rechnung getragen ist.

Primäres Visceralskelet:	Umgewandeltes Visceralskelet:	Nerven:	
1ter Bogen	Erster oberer Labialknorpel	Ramus secundus	Trigemini.
2ter Bogen	Labialknorpelbogen (zweiter oberer und unterer Labial-Knorpel) .	Ramus tertius	
3ter Bogen	Kieferbogen		
4ter Bogen	Zungenbeinbogen . . .	Facialis.	
5ter Bogen	Erster Kiemenbogen . .	Glossopharyngeus.	
6ter Bogen	Zweiter Kiemenbogen . .	Ramus branchialis primus	Vagi.
7ter Bogen	Dritter Kiemenbogen . .	Ramus branchialis secundus	
8ter Bogen	Vierter Kiemenbogen . .	Ramus branchialis tertius	
9ter Bogen	Fünfter Kiemenbogen . .	Ramus branchialis quartus	

Bezüglich der Zahl der Kiemenbogen ist in dieser Uebersicht der bei Hexanchus sich treffende Befund zu Grunde gelegt. Für Heptanchus

1) Diese Vertheilung eines Ramus ventralis in zwei, je zwei benachbarte Visceralbogen versorgende Zweige ist zunächst als eine Anpassung an die durch die Kiemenspalte gebildete intercrurale Durchbrechung anzusehen. Sie fehlt daher an denjenigen Nerven, welche Visceralbogen versorgen, zwischen denen keine Kiemenspalten vorkommen. So z. B. an dem zwischen den Labialknorpeln verzweigten Endaste des Ramus maxillaris superior des Trigeminus, ebenso am Ramus maxillaris inferior der zwischen Kieferbogen und Labialknorpelbogen sich vertheilt. Dagegen besteht die Theilung auch zwischen jenen Bogen, die eine rückgebildete Kiemenspalte begrenzen, wie am Kiefer- und Zungenbeinbogen, zwischen denen das Spritzloch liegt.

Digitized by Google

ist an der Vermehrung der Bogen auch der Vagus um einen Kiemenast vermehrt, und bei den übrigen Selachiern besteht in demselben Maasse gegen Hexanchus eine Verminderung. Dasselbe gilt in entsprechender Weise von den Ganoiden und Teleostiern. Dass sich hienach auch die Verhältnisse bei den höheren Wirbelthieren beurtheilen lassen, bedarf wohl keiner besonderen Ausführung.

Mit Beziehung auf Spinalnerven bieten die Kopfnerven der Selachier, am meisten die Notidaniden, wie Hexanchus lehrte, die am wenigsten bedeutenden Veränderungen dar, die oben bereits dargelegt worden. Bei den Ganoiden und Teleostiern sowohl, als auch bei den höheren Wirbelthieren ist jenes Verhältniss noch undeutlicher geworden. Durch neue Combinationen sind neue Nerven entstanden und bei den Selachiern noch discrete Nerven haben sich mit anderen verbunden.

Aus dem Gesammtbilde dieser Erscheinungen heben sich zwei Gruppen von Nerven hervor, die ich bereits früher (Grundzüge 2. Aufl. S. 740) als Trigeminus- und Vagusgruppe unterschied.

Das Hauptgebiet der ersten bildet der Trigeminus mit den Augenmuskelnerven. Dazu kommt noch der Facialis (mit Acusticus), da dieser Nerv, sowohl bei manchen Fischen (einige Teleostier und Lepidosiren) als bei ungeschwänzten Amphibien mit dem Trigeminus sich verbunden hat, d. h., wie man sich ausdrückte, in der Bahn des Trigeminus, verläuft. Dass die Sonderung vom Trigeminus, dem ursprünglichen Zustande entspricht, lehrt die Untersuchung von Larven der Anuren. bei deren jene Trennung vorübergehend sich vorfindet. Mit Beziehung auf Spinalnerven sind nach dem früher Dargelegten drei Nerven in der Trigeminusgruppe vereinigt.

Eine grössere Anzahl repräsentirt die Gruppe des Vagus. Die Zahl bestimmt sich nach der Zahl der ursprünglich vorhandenen Kiemenbogen. Der vorderste dieser Nerven verhält sich als Glossopharyngeus fast regelmässig in Selbständigkeit. Doch ist er sowohl bei Cyclostomen als bei Lepidosiren und den Amphibien mit dem Vagus verschmolzen. Im Vagus treten stets die übrigen dieser Gruppe angehörigen Nervenwurzeln zusammen (Selachier). Daraus lösen sich in verschiedener Weise einzelne Portionen ab und bilden neue Nerven. Als solche haben wir oben den Accessorius Weberi der Teleostier, sowie den Accessorius Willisii und den Hypoglossus der höheren Wirbelthiere kennen gelernt. —

Indem die Nerven der Trigeminus- wie der Vagusgruppe in ihrem Verhalten die Eigenschaften von Spinalnerven erkennen liessen, wobei die Abweichungen von letzteren zum grossen Theile als Modificationen

Digitized by

nachweisbar waren, so ergiebt sich als naturgemässeste Erklärung jener Uebereinstimmung die Annahme einer Vererbung von einem entfernter liegenden Zustande, in welchem die fraglichen Hirnnerven nicht sowohl den Spinalnerven ähnlich, sondern vielmehr von ihnen nicht unterschieden waren. Wir werden somit zur Voraussetzung eines Zustandes der Indifferenz geführt, aus dem allmählich mit der Bildung des Kopfes ein Theil der peripherischen Nerven aus der Gleichartigkeit mit den übrigen Nerven hervortrat. Damit sonderten sich die Spinalnerven, die in ihrem früheren Zustande fortbestanden, von den Hirnnerven die ihn aufgaben, und unter sich wiederum mannichfaltige Verschiedenheiten erlangten, durch Anpassung an die Differenzirung des Kopfskeletes. Nur unter dieser Voraussetzung empfängt der Bau der Hirnnerven »nach dem Typus der Spinalnerven« Bedeutung, und wird verständlich, weil sich jener »Typus« als etwas Ererbtes erklären lässt.

Wenn wir aber annehmen, dass die fraglichen Hirnnerven, die noch theilweise an ihnen bestehende Aehnlichkeit mit Spinalnerven aus einer ursprünglichen Gleichartigkeit mit letzteren erhielten, so folgt daraus nicht blos dasselbe für die Hirntheile, welche jenen Nerven den Ursprung geben, sondern auch für das das Gehirn umschliessende Skeletgebilde, das Cranium. Das letztere muss, jenen Voraussetzungen zufolge, sich als eine Differenzirung des vordersten Abschnittes einer primitiven Wirbelsäule herausstellen. Es wird aus einzelnen Abschnitten entstanden sein müssen, die jenen an der Wirbelsäule gleichartig waren, und die sich zu einem Continuum allmählich verbanden. Dies führt uns auf die Wirbeltheorie des Schädels.

Da das Object, von dem ausgehend ich zu den vorstehenden Reflexionen gelangte, keine Spur von Ossificationen am Cranium zeigt, besteht kein äusserer Grund auf die aus dem knöchernen Cranium abgeleitete für ihre Zeit höchst wichtige, für alle Zeit bahnbrechende Wirbeltheorie einzugehen. Es kann vielmehr sogleich versucht werden, von dem durch die vergleichende Untersuchung der Nerven und Beachtung des Visceralskeletes erlangten Standpunkte aus jene Frage näher zu betrachten.

Durch die Bogen des Visceralskelets werden wir auf die Zahl der in das Cranium eingegangenen Wirbel verwiesen, ebenso durch die Zahl der zu jenen Bogen verlaufenden Nerven, durch welche das Visceralskelet dem Cranium untrennbar zugetheilt erscheint. Die Zahl der zum Cranium verschmolzenen Wirbel wird zwar keine geringere sein dürfen als die Zahl der Visceralbogen; sie wird aber eine höhere sein können, da ungewiss ist, wie hoch das Maximum der Bogenzahl sich ursprünglich stellte. Ich meine dies in dem Sinne, dass die Mög-

Digitized by Google

lichkeit der Abstammung von einer eine grössere Bogenzahl besitzenden Urform besteht, zu der sich die Notidaniden etwa wie die übrigen Selachier zu diesen verhalten. Da mit den Visceralbogen auch die Nerven schwinden, wird es sich bezüglich der zu bestimmenden Wirbelzahl im Cranium nur um eine Minimalzahl handeln. Dieselbe wird auf Grundlage des bezüglichen Befundes bei den Notidaniden auf 10 zu bestimmen sein. Bei Amphioxus findet sich der in den Kopf der Craniota eingegangene Abschnitt in dem ganzen die Kiemen tragenden Körpertheile gegeben und nicht etwa in dessen vorderstem Abschnitte derselben.

Es fragt sich nun, wie sich diese ins Cranium eingegangenen Wirbel in ihm vertheilen. Hiebei können wieder nur die Austrittsstellen der Nerven massgebend sein. Da wir aber an den Nerven mannichfaches Zusammentreten einzelner zu grössern Complexen erkannt haben, so ist dies mit in Rechnung zu bringen, und daraus geht hervor, dass für nicht wenige Segmente auch keine Andeutung mehr erhalten sein kann. Wir erschliessen sie also aus der Zahl der Nervenstämme, die, wenn auch mehrfach verschmolzen, aus ihren Endästen am Visceralskelet erkennbar sind.

Aus der Vertheilung der Austrittsstellen der Nerven am Cranium ergiebt sich eine höchst werthvolle Thatsache. Man findet nämlich jene Austrittsstellen bei der Betrachtung des Craniums auf dem Medianschnitte sämmtlich im hinteren Abschnitte. Sie liegen hinter einer Linie, welche man von der Hypophysisgrube aus aufwärts zieht. Nur der Trochlearis macht davon eine Ausnahme, die durch das oben über diesen Nerven bemerkte von ihrem Gewichte verliert.

Aus dieser Beschränkung der Austrittsstellen auf den hinteren von der Medulla oblongata eingenommenen Schädelraum ist zu schliessen, dass nur der diesen enthaltende Abschnitt des Craniums aus Wirbeln entstand. Dem entspricht die Ausdehnung der Chorda dorsalis in dem Basilartheil des Craniums. Die Bedeutung, welche die Chorda dorsalis für die primitive Wirbelbildung besitzt, hat von jeher die Annahme von Wirbeln vor dem vordern Chordaende bedenklich erscheinen lassen. Das Zusammenfassen der Thatsachen: dass die Chorda sich nur eine bestimmte Strecke weit in die Schädelbasis erstreckt, und dass nur auf dieser Strecke »nach dem Spinalnerventypus gebaute« Nerven die Schädelhöhle verlassen, lässt nur den genannten hinteren Schädelabschnitt als einen aus Wirbeln entstandenen ansehen. Damit entsteht ein Gegensatz zu dem vorderen Abschnitte, der als ein erst secundär aus dem bereits durch die Wirbelconcrescenz gebildeten Cranium entstandener Theil erscheint. Er erscheint als eine Anpassung an zwei Sinnes-

Digitized by Google

organe: die Nasengrube und den Bulbus oculi, welche ihm theils ein-, theils angelagert sind. Auch die Bildung der vorderen Gehirntheile mag damit in Zusammenhang stehen.

Das Cranium scheidet sich also in zwei Abschnitte, den hinteren, vertebralen oder cerebralen, und den vorderen evertebralen oder facialen Theil. Wie der letztere vornehmlich durch Beziehungen zu Sinnesorganen eine bestimmte Gestalt empfängt, so ist auch am ersteren die Aufnahme eines Sinnesorganes (des Gehörorgans) in die Wandung von umgestaltendem Einflusse, der sich zunächst durch die bedeutende Ausdehnung der Labyrinthregion kund giebt. In diesem Umstande findet die formale Abweichung des hinteren Schädelabschnittes vom darauffolgenden Rückgrate ihre Erklärung[1]. Hiezu muss noch die Erwägung treten, dass ausser der Concrescenz der im vertebralen Theile des Craniums verbundenen Wirbel die aus der Vergleichung der Nerven mit den Spinalnerven sich ergebende Verkürzung dieses Stückes eine Rolle spielt. Denkt man sich die Bedingungen weg, deren Einfluss die Eigenthümlichkeiten hervorrief, so ist es möglich, das Cranium wieder in eine Anzahl von Wirbeln aufgelöst sich vorzustellen, welche von denen des folgenden Abschnittes des Axenskeletes nicht verschieden sind.

Auf diese Weise lässt sich bei den Selachiern unter Berücksichtigung der Nerven wie des Visceralskeletes eine Grundlage für eine neue Auffassung des Schädels gewinnen, welche sich an die früheren anschliesst, insoferne auch nach ihr der Schädel ein dem Axenskelet verwandtes Gebilde ist. Aber sie entfernt sich von der bisher gültigen, da sie dem Schädel eine viel grössere Wirbelzahl zutheilt, und diese zudem nur an einem bestimmten Abschnitte des Craniums erkennt.

Es bedarf wohl keiner besonderen Erörterung, dass diese Auffassung sich nicht auf die Selachier zu beschränken hat. Da der Schädel aller Wirbelthiere eine, gleich dem Schädel der Selachier, knorpelige Anlage — das Primordialcranium — besitzt, so lässt er darin ein

1) Die Sonderung des Craniums von der Wirbelsäule ist keine in allen Fällen scharfe. Bei den Notidaniden ist die Grenzbestimmung sehr schwer, da der Occipitaltheil des Schädels eine mit den folgenden Wirbeln ganz gleiche Beschaffenheit besitzt. Auch der Befund bei den Stören, wo eine beträchtliche Strecke der Wirbelsäule mit dem Cranium verschmolzen ist, erscheint mit Beziehung auf die Schädelgenese von hoher Wichtigkeit. Der das Cranium bildende Prozess hat hier weiter als sonst zurückgegriffen. Dass aber mit der Concrescenz nicht auch die andern am Cranium bestehenden Modificationen auftreten, lässt sich verstehen, sobald wir die Factoren ins Auge fassen, welche am Cranium umgestaltend walteten. Sie fehlen für den vom Rückgrate eingenommenen Körpertheil.

Digitized by Google

Erbstück erkennen, welches sich, bald mehr bald minder vollkommen entwickelt, von solchen Zuständen her forterhalten hat, bei denen es, wie noch bei den gegenwärtig existirenden Selachiern die einzige Skeletbildung des Craniums vorstellte. Wenn wir für's Primordialcranium diese Beziehung als festgestellt betrachten, so kann für die an ihm auftretenden Ossificationen keine Vergleichung mit Stücken knöcherner Wirbel ferner in Frage kommen, zumal kein einziger der sogenannten Schädelwirbel einem der Abschnitte entspricht, die am Knorpelcranium aus ursprünglich discreten knorpeligen Wirbeln hervorgegangen aufgefasst werden müssen.

Jena, im December 1870.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel XIII.

Fig. 1. Kopf von Hexanchus griseus in $^2/_3$ natürl. Gr. Die Schädelhöhle ist geöffnet, nach rechts der Knorpel der Nasalregion bis auf den Bulbus olfactorius abgetragen. Auf derselben Seite ist der Augapfel sammt Muskeln, Opticus und dem Stützknorpel des Bulbus entfernt; der Knorpel der Labyrinthregion und Occipitalregion bis zu den Durchtrittsstellen der Hirnnerven abgetragen. Das Niveau dieser Stelle ist ein nach den Nerven verschiedenes. Man sieht den durchschnittenen hinteren Bogengang mit seiner Ampulle.

Linkerseits ist am Schädel die Orbita mit ihren Contentis offengelegt.

Der Rückgratcanal ist geöffnet und die Wände desselben sind bis fast zu den Durchtrittsstellen der oberen Wurzeln der Spinalnerven abgetragen. Man sieht die durchschnittenen Bogen- und Intercruralknorpel.

Auf der ganzen rechten Hälfte ist die Muskulatur bis zum Visceralskelet entfernt.

Die Theile des Gehirns sind nicht näher bezeichnet, da sie aus Fig. II leicht zu verstehen sind.

A. Lücke des Craniums, mit Gallertgewebe erfüllt.
N. Obere Wand der Nasenkapsel.
bo Bulbus olfactorius.
tr. o Tractus olfactorius.
O. Opticus.
os M. obliquus superior.
oi M. obliquus inferior.
ri M. rectus internus.
rs M. rectus superior.
re M. rectus externus.

Digitized by Google

S Spritzloch.
Va Vena arteriosa der Spritzlochkieme.
Br^{I}, Br^{II}, Br^{III}, Br^{IV}, Br^{V}, Br^{VI} Kiementaschen.
K Oberes Stück des Kieferbogens (Palatoquadratum).
Z Oberes Stück des Zungenbeinbogens (Hyomandibulare).
1, 2, 3, 4, 5, 6 Kiemenbogen.
M Rückenmark.
rd Obere Wurzeln der Spinalnerven.
P Spinalnerven.
Tr Nervus trochlearis.
Om Oculomotorius.
Tr Stamm des Trigeminus.
a Ramus ophthalmicus.
b R. ethmoidalis.
c lateraler Ast desselben.
d medialer Ast.
e Ramus maxillaris inferior.
f Rami buccales.
g Vorderer Theil des Ramus maxillaris superior.
h Ramus maxillaris inferior.
i Rami buccales.
Fa. Nervus facialis.
k Ramus palatinus.
l Spritzlochast.
m Ramus hyoideus.
n Ramus mandibularis externus.
Gp. Glossopharyngeus.
α Ramus anterior.
β Ramus posterior.
Vg. Vagus.
Vg' Erster Ramus branchialis des Vagus.
Vg'' Ramus branchio-intestinalis.
I Ramus intestinalis.
L Ramus lateralis N. vagi.
α Ramus anterior }
β Ramus posterior } eines R. branchialis. N. Vagi.
γ Ramus pharyngeus }

Fig. 2. Gehirn von Hexanchus griseus von der Dorsalseite in natürlicher Grösse. (Nach einem von H. Miklucho-Maclay der hiesigen anatom. Sammlung übergebenen Präparate). Das Vorderhirn (*Vh*) ist nicht vollständig dargestellt. Zwischenhirn (*Zh*) und Mittelhirn (*Mh*) nur in Umrissen. — Von der Medulla oblongata ist die rechte Hälfte des Daches des Ventriculus quartus weggenommen. Die linke Hälfte befindet sich noch in situ. — Die Bezeichnung der Nervenstämme ist mit der für Fig. 1 gegebenen übereinstimmend.

Lt Lobus nervi trigemini.
a vorderer }
b hinterer } Stamm der Trigeminuswurzel.

Digitized by Google

α obere / *β* untere } Portion des hinteren Wurzelstammes.

g Lobi nervi vagi.

s Ungetheilter Abschnitt des Seitenstranges der Medulla oblongata.

s' Obere Lamelle derselben, die Lobi nervi vagi theilweise deckend.

p Vordere Pyramidenstränge der Medulla oblongata.

vg Vordere Vaguswurzeln.

Fig. 3. Orbitalnerven von Squatina vulgaris.

Natürliche Grösse. Die rechte Orbitalhöhle ist von oben blosgelegt.

Lk Vorderer / *Lk'* hinterer } oberer Lippenknorpel.

rs, *ri*, *re*, *os*, *oi* Augenmuskeln wie in Fig. 1.

v Durchschnittsstelle des hinteren Orbitalfortsatzes des Craniums.

S Rechtes Spritzloch.

O Opticus.

Tr Trochlearis.

om Oculomotorius.

ab Abducens.

Tr' Ramus ophthalmicus N. trigemini, bei *op* abgeschnitten.

ci Ciliarnerv desselben.

Tr'' Ramus maxillaris superior.

a Infraorbitalis.

b Endverzweigung desselben zwischen den Lippenknorpeln.

c Durchschnittene Zweige.

Digitized by Google

Ueber die Aethyldiacetsäure und einige Abkömmlinge derselben.

Von

A. Geuther.

I. Ueber die beste Darstellungsweise der Aethyldiacetsäure.

Wenn man Natrium auf Essigsäureäther einwirken lässt, so hängt es von der relativen Menge beider ab, ob man viel vom Natriumsalz der Säure oder weniger und dann mehr von den Producten erhält, welche dieses Salz bei der Einwirkung von Wärme liefert. Wendet man, so wie ich früher angab, auf 100 Th. Essigäther 12 Th. Natrium an [1]), so wird in Folge der anhaltenden Erwärmung, welche nöthig ist, die letzten Mengen von Natrium in Lösung zu bringen, ein Theil des gebildeten Natriumsalzes schon unter Bildung harzartiger Producte, Dehydracetsäure u. a. verändert [2]). Es ist deshalb für die Darstellung von Aethyldiacetsäure vortheilhaft, einen grossen Ueberschuss von Essigäther anzuwenden, damit die Lösung des Natriums vollständig schon bei niederer Temperatur sich vollendet, wie dies bei einem früher von mir zu anderem Zwecke aufgestellten Versuche geschehen war, wobei unter Anwendung von 4 Pfund Essigäther und 60 Grm. Natrium 165 Grm. Säure erhalten wurden [3]). Diese Menge entspricht einer Menge Natriumsalz, in welcher fast genau die Menge des angewandten Metalls enthalten war und welche überhaupt die grösste ist, welche unter diesen Umständen gebildet werden wird.

---

1) Diese Zeitschrift Bd. II. p. 390.

2) Ebend. p. 397.

3) Zeitschrift f. Chemie. N. F. Bd. 4. p. 60.

Digitized by Google

II. Ueber die Einwirkung von Phosphorpentachlorid auf Aethyldiacetsäure.

Phosphorpentachlorid wirkt auf Aethyldiacetsäure leicht, aber ohne starke Erwärmung und unter Entwicklung gasförmiger Producte ein. Um die Einwirkung zu vollenden, sind 2 Mgte. des ersteren, auf 1 Mgt. des letzteren, oder 330 Grm. auf 100 Grm, nöthig. Schliesslich vollendet man die Reaction durch gelindes Erwärmen. Man wendet am besten eine geräumige Kochflasche an, in welche man die Aethyldiacetsäure bringt, schüttet aus einer anderen ebensolchen das Phosphorpentachlorid in kleinen Mengen zu und verschliesst die erstere Kochflasche beständig zur Abhaltung von Feuchtigkeit durch einen mit einem offenen Chlorcalciumrohr versehenen Kork. In dem Maasse, wie die Einwirkung unter Verschwinden des Phosphorpentachlorids und unter Entwicklung von Gasen fortschreitet, bräunt sich die Flüssigkeit, bis sie schliesslich eine dunkelroth braune Farbe angenommen hat.

Die bei der Einwirkung reichlich sich entwickelnden Gase bestehen aus Salzsäure hauptsächlich und Chloräthyl. Chloracetyl bildet sich nicht, denn weder konnte im vorgeschlagenen Wasser, noch bei der Zersetzung des niedrigst siedenden Destillationsproductes mit Wasser Essigsäure gefunden werden.

Die gebildete Flüssigkeit besteht aus Phosphoroxychlorid und den Chlorüren mehrerer Säuren; sie destillirt unter Zurücklassung eines kohligen Rückstandes bis zu 160° über. Das bei 120° Destillirende besteht hauptsächlich aus Phosphoroxychlorid, es zertetzt sich unter starker Erhitzung mit Wasser und abs. Alkohol, das zwischen 120° und 140° Uebergegangene enthält weniger Phosphoroxychlorid, es zersetzt sich mit Wasser und abs. Alkohol weniger heftig, während das zwischen 140° und 160° Destillirte eine noch geringere Erwärmung bei seiner Zersetzung mit Wasser und abs. Alkohol verursacht. Da bei wiederholter Destillation des Productes immer etwas kohliger Rückstand bleibt, also dabei eine theilweise Zersetzung stattfindet, und da ferner die Zersetzungsproducte mit abs. Alkohol auch nicht durch Destillation in reinem Zustande zu erhalten waren, so wurde die Zersetzung mit Wasser zur Trennung der gebildeten Producte resp. deren Zersetzungsproducte angewandt.

Das durch die Einwirkung des Phosphorpentachlorids auf die Aethyldiacetsäure erhaltene unmittelbare Product wird nach dem Erkalten zu kaltem Wasser, welches sich in einem von aussen gut abgekühlten Kolben befindet, allmählich gegossen. Nach jedesmaligem Umschütteln löst es sich leicht auf. Der Kolben wird darauf mit

Digitized by Google

Kühler verbunden und erhitzt. Zuerst destillirt neben Wasser resp. Salzsäure ein klares, auch bei starker Abkühlung nicht erstarrendes Oel reichlich über, allmählich vermindert sich die Menge desselben und die mitdestillirende wässrige Flüssigkeit wird milchig. Da nun bei guter Kühlung das noch mitdestillirende Oel krystallinisch erstarrt und die milchige Flüssigkeit gleichfalls Krystalle liefert, so ist es gut anfangs stark zu kühlen, wenn aber dieser Zeitpunkt eingetreten ist, die Vorlage zu wechseln und gar nicht mehr zu kühlen, damit das Wasser im Kühler warm werde oder das kalte Wasser in Letzterem durch warmes zu ersetzen, um ein leicht eintretendes Zukrystallisiren des Kühlrohrs zu verhindern. Bei fortgesetzter Destillation nimmt die milchige Beschaffenheit des Destillats wieder ab; ist das Letztere längere Zeit völlig klar übergegangen, so unterbricht man die Destillation.

Die auf diese Weise gewonnenen zwei Destillate und der Rückstand enthalten jedes der Hauptsache nach ein bestimmtes, aber mit dem andern noch gemengtes Product, nämlich das erste Destillat ein mit den Wasserdämpfen sehr leicht übergehendes, nicht erstarrendes neutrales Oel, das zweite Destillat eine mit den Wasserdämpfen sich leicht verflüchtigende Säure und der Rückstand eine mit den Wasserdämpfen sich nur sehr schwer verflüchtigende Säure. Durch wiederholte gleiche Destillationen mit Wasser erreicht man eine weitere Trennung der in den beiden ursprünglichen Destillaten enthaltenen Substanzen, während eine Anzahl von wässrigen Rückständen bleibt, welche noch schwer flüchtige Säure enthalten. Vollständig rein wird schliesslich das neutrale Oel, welches immer noch viel der leicht flüchtigen Säure gelöst enthält, gewonnen, wenn man dasselbe wiederholt mit einer conc. überschüssigen Lösung von Natriumcarbonat schüttelt, bis alle Säure gebunden ist und keine Kohlensäure mehr entweicht, und es dann abdestillirt. Das rückständig bleibende Natriumsalz mit Schwefelsäure übersättigt, liefert die gelöst gewesene Säure, welche gleichfalls mit den Wasserdämpfen überdestillirt wird. Dieselbe wird abfiltrirt, mit den bei den früheren Destillationen krystallisirt abgeschiedenen reinen Portionen vereinigt und unter wenig Wasser zusammengeschmolzen. Aus den dabei erhaltenen Filtraten kann die gelöste Säure durch wiederholte kurze Destillationen gewonnen werden. Zur Reindarstellung der schwerflüchtigen Säure wird der ursprüngliche Destillationsrückstand sammt den späteren ebensolchen mit Natriumcarbonat neutralisirt, von einer grösseren Menge eines ausgeschiedenen dunklen Harzes durch Filtriren getrennt, eingedampft, ein Theil des Natriumphosphats auskrystallisiren gelassen und die noch braune Mutterlauge schliesslich zur Trockne eingedampft. Der Rückstand wird

Digitized by Google

mit Alkohol völlig ausgezogen, welcher das Salz der Säure auflöst, während Natriumphosphat und Kochsalz völlig ungelöst bleiben. Nach dem Abdestilliren des Alkohols wird die conc. wässrige Lösung der vollständigen Entfernung allen Alkohols halber noch einige Zeit erhitzt, darauf mit überschüssiger Schwefelsäure versetzt und zur Entfernung von noch etwa vorhandener leichtflüchtigen Säure mit dem Kühler verbunden gekocht. Sobald das Uebergehende ganz wasserhell erscheint und keine Spur von Oel mehr enthält, wird erkalten gelassen und der Kolbenrückstand mit alkoholfreiem Aether wiederholt ausgezogen. Nach dem Entwässern der ätherischen Lösung mittelst Chlorcalcium und Abdestilliren des Aethers bleibt ein braunes Oel zurück, das beim Stehen über Schwefelsäure fast vollständig krystallinisch erstarrt. Zur Reinigung wird die wässrige Lösung der Krystalle mit Thierkohle entfärbt und durch langsames Eindunsten zur Krystallisation gebracht. Die nicht weiter Krystalle liefernde Mutterlauge besteht aus der wässrigen Lösung einer ölförmigen Säure, welche, obwohl nur in geringer Menge vorhanden, doch die Ursache ist, dass eine grössere Menge der krystallisirenden Säure gleichzeitig in Lösung erhalten wird.

Die auf diese Weise erhaltene, mit den Wasserdämpfen sich sehr schwer verflüchtigende Säure ist im Folgenden mit dem Namen Monochlortetracrylsäure bezeichnet. Sie hat die nämliche Zusammensetzung, wie die sich mit den Wasserdämpfen leicht verflüchtigende Säure, welche den Namen Monochlorquartenylsäure erhalten hat.

1. Monochlorquartenylsäure.

Es ist dies dieselbe Säure, deren Eigenschaften und Salze von O. Frölich unter dem Namen »Monochlorcrotonsäure und ihre Salze« früher beschrieben worden sind [1]. Dies geschah zu einer Zeit, da die Angaben Schlippe's über die flüchtigen Säuren des Crotonöls noch nicht als falsch erkannt waren und speziell die Nichtexistenz einer Säure von der Formel $C^4H^6O^2$ unter ihnen noch nicht erwiesen war. Seitdem ist das geschehen [2] und in Folge dieser Erkenntniss der Name »Crotonsäure« für eine Säure $C^4H^6O^2$, welche zum Crotonöl in gar keiner Beziehung steht, als unpassend aufzugeben. Der Name »Quartenylsäure« ist nach der von A. W. Hofmann vorgeschlagenen Nomenclatur der Kohlenwasserstoffe [3] gebildet: zu dem Quartenyl (C^4H^7) steht die Quarte-

1) Diese Zeitschrift Bd. V. p. 82.
2) Ebend. Bd. VI. p. 45.
3) Jahresbericht f. 1865. p. 413.

Digitized by Google

nylsäure (von welcher unsere Säure ein Chlorsubstitutionsproduct ist) in derselben Beziehung, wie die Essigsäure zum Aethyl.

Den am angeführten Orte mitgetheilten Eigenschaften der Säure und ihrer Verbindungen ist hier nichts weiter hinzuzufügen, als etwa, dass die Säure mit überschüssiger Kalilauge ohne Zersetzung gekocht werden kann.

2. Monochlortetracrylsäure.

Diese Säure bildet farblose, lange, stark lichtbrechende, nadel- oder säulenförmige monokline Krystalle, welche bei 94° unverändert schmelzen und zwischen 206° und 211° destilliren. Dabei findet theilweise Zersetzung statt, indem unter bemerkbarem Salzsäureaustritt eine niedriger schmelzende oder flüssige Substanz gebildet wird. Das etwas schmierig erscheinende Destillat schmilzt bei 89°. Die Monochlortetracrylsäure ist in Wasser leichter löslich als die mit ihr metamere Monochlorquartenylsäure: 35,2 Th. Wasser von 19° lösen 1 Th. der Säure. Beim Sieden ihrer Lösung verflüchtigt sie sich mit den Wasserdämpfen nur langsam, aber unverändert.

0,2129 Grm. der über Schwefelsäure getrockneten und darauf vorsichtig geschmolzenen Säure gaben 0,0853 Grm. Wasser und 0,3053 Grm. Kohlensäure, was 0,009478 Grm. = 4,4 Proc. Wasserstoff und 0,083264 Grm. = 39,1 Proc. Kohlenstoff entspricht.

0,2058 Grm. lieferten 0,2455 Grm. Chlorsilber, entsprechend 0,060733 Grm. = 29,5 Proc. Chlor.

		ber.	gef.
C^4	=	39,8	39,1
H^5	=	4,1	4,4
Cl	=	29,5	29,5
O^2	=	26,6	—
		100,0	

Die Monochlortetracrylsäure ist eine ziemlich starke Säure, welche leicht die kohlensauren Salze zersetzt. Mit überschüssiger Kalilauge kann sie nicht ohne Zersetzung gekocht werden (siehe unten: Tetrolsäure). Von ihr sind bis jetzt die folgenden Salze, welche z. Th. in Wasser sehr leicht löslich sind, dargestellt worden.

Natriumsalz. Glänzende, dünne, blättrige, luftbeständige Krystalle, welche in Wasser ungemein leicht löslich sind, noch leichter als das Natriumsalz der Monochlorquartenylsäure und sich gleichfalls in Alkohol leichter als das letztere Salz lösen.

0,0883 Grm. lufttrocknes Salz verloren über Schwefelsäure und

Digitized by Google

im Luftbad bei 100—105° 0,0058 Grm. = 6,6 Proc. Wasser und lieferten 0,0414 Grm. Natriumsulfat, entspr. 0,01341 Grm. = 15,2 Proc. Natrium.

Für die Formel: $2[C^4H^4ClO^2Na] + OH^2$ berechnen sich 6,0 Proc. Wasser und 15,2 Proc. Natrium.

Baryumsalz. Dicke farblose rhombische Octaeder, welche in Wasser leicht löslich sind, indem 1 Th. derselben zur Lösung nur 2,2 Th. Wasser von 18° bedürfen.

0,4166 Grm. der lufttrocknen Krystalle verloren weder über Schwefelsäure, noch beim Erhitzen auf 110° an Gewicht und lieferten 0,2557 Grm. SO^4Ba^2, entsprechend 0,150347 Grm. = 36,1 Proc. Baryum.

Die Formel: $C^4H^4ClO^2Ba$ verlangt 36,4 Proc. Baryum.

Die wässrige Lösung der Krystalle fällt Silbernitratlösung weiss, fein krystallinisch, dagegen nicht die Lösungen von Blei- und Kupfer-Acetat.

Kupfersalz. Kleine dicke blaue Krystalle, welche sich beim Eindunsten der blauen Lösung von Kupfercarbonat in der Säure über Schwefelsäure ausscheiden.

0,1392 Grm. lufttrockner Krystalle verloren bei 100—102°, indem sie grün wurden, 0,0043 Grm. = 4,0 Proc. Wasser und hinterliessen beim Glühen an der Luft 0,0328 Grm. Kupferoxyd, entspr. 0,02619 Grm. = 18,8 Proc. Kupfer.

Die Formel: $[C^4H^4ClO^2]^2Cu + OH^2$ verlangt 5,6 Proc. Wasser und 19,8 Proc. Kupfer.

Silbersalz. Fein krystallinischer Niederschlag, welcher beim Vermischen der Lösungen von Argentinitrat und dem Baryumsalz der Säure entsteht.

Monochlortetracrylsäure-Aethyläther. Wird durch mehrtägiges Digeriren der Säure mit durch Salzsäuregas gesättigtem Alkohol, Ausscheiden mit Wasser und Rectificiren erhalten. Er ist eine farblose, stark lichtbrechende Flüssigkeit von einem angenehmen aromatischen, den des Monochlorquartenylsäure-Aethers sehr ähnlichen Geruch. Er destillirt bei 184° corr. unverändert und besitzt das spez. Gewicht 1,111 bei 16°,5. Seine Zusammensetzung ist: $C^4H^4ClO^2 . C^2H^5$.

0,2590 Grm. des bei 180—181 (uncorr.) siedenden Haupttheils gaben 0,4633 Grm. Kohlensäure, entspr. 0,126356 Grm. = 48,8 Proc. Kohlenstoff und 0,1461 Grm. Wasser, entspr. 0,016233 Grm. = 6,3 Proc. Wasserstoff.

Digitized by Google

	ber.	gef.
C^6 =	48,5	48,8
H^9 =	6,1	6,3
Cl =	23,9	—
O^2 =	21,5	—
	100,0	

3. Das ölförmige Product.

Dasselbe stellt eine farblose, und wenn es zur Entfernung etwa darin gelöster Monochlorquartenylsäure mit überschüssiger Natriumcarbonatlösung genügend gewaschen worden ist, auch eine neutral reagirende Flüssigkeit dar, welche schwerer als Wasser ist. Nach dem Entwässern mittelst Calciumchlorids destillirt geht sie von 155—200° über, zuletzt unter theilweiser Zersetzung. Da innerhalb dieser Grenzen die Siedepunkte des Aethyläther von der Monochlorquartenylsäure (161°,4) und von der Monochlortetracrylsäure (184°) liegen, so war es wahrscheinlich, dass das ölförmige Product der Hauptsache nach ein Gemenge dieser beiden Aethylverbindungen sei, womit auch der Geruch desselben in Uebereinstimmung war. Um dies zu beweisen, wurden verschieden siedende Theile der Analyse unterworfen.

0,2107 Grm. einer zwischen 158 und 159° destillirten Portion lieferten 0,2084 Grm. Argentichlorid, was 0,051556 Grm. = 24,4 Proc. Chlor entspricht.

0,2458 Grm. einer zwischen 161 und 163° destillirten Portion gaben 0,4323 Grm. Kohlensäure, entspr. 0,1179 Grm. = 48,0 Proc. Kohlenstoff und 0,1429 Grm. Wasser, entspr. 0,015878 Grm. = 6,5 Proc. Wasserstoff.

0,1966 Grm. des zwischen 175—180° unter geringer Zersetzung siedenden Theils gaben 0,3195 Grm. Kohlensäure entspr. 0,087136 Grm. = 44,3 Proc. Kohlenstoff und 0,1069 Grm. Wasser, entspr. 0,011878 Grm. = 6,0 Proc. Wasserstoff.

	ber.		gef.	
C^6 =	48,5	—	48,0	44,3
H^9 =	6,1	—	6,5	6,0
Cl =	23,9	24,4	—	—
O^2 =	21,5	—	—	—
	100,0			

Diese Resultate zeigen in der That, dass der Haupttheil des öligen Products aus Monochlorquartenylsäureäther und Monochlortetracryl-

säureäther besteht, dass dem letzteren aber noch ein nicht unverändert destillirbares Product beigemengt ist.

Zur weiteren Bestätigung dieses Nachweises und um zugleich die betreffenden Säuren zu gewinnen, wurden die das ölförmige Product ausmachenden Aether wieder gleichförmig gemischt und mit Hülfe von conc. wässriger Salzsäure zersetzt. Sie wurden dazu mit dem 3fachen Volum der Säure in Röhren eingeschlossen und während mehrerer Tage im Oelbad bis auf 125° erhitzt. Von Zeit zu Zeit wurden die Röhren erkalten gelassen und nach dem Oeffnen in der Flamme durch Stellen in warmes Wasser von dem gebildeten Aethylchlorid befreit, von Neuem zugeschmolzen und so fort verfahren, bis eine Bildung von Chloräthyl nicht mehr zu bemerken war. Es war nun nur noch eine geringe Menge Oel übrig geblieben, welches von Neuem mit conc. Salzsäure eingeschlossen und erhitzt nicht weiter verändert wurde. Dasselbe besitzt einen eigenthümlich scharfen Geruch und destillirt zwischen 165 und 195° über. Da dasselbe hiernach offenbar ein Gemenge darstellte und seine Zersetzung der geringen Mengesubstanz halber nicht ausführbar war, so wurde es nicht weiter untersucht. Wird der gesammte wässrige Röhreninhalt, welcher eine braune Farbe angenommen hat, in einen Kolben gebracht und gekocht, so destillirt zuerst noch eine Kleinigkeit des ebenerwähnten Oels, darauf aber Monochlorquartenylsäure, während, wenn diese nicht mehr übergeht, im Kolbenrückstand viel Monochlortetracrylsäure enthalten ist, welche durch alkoholfreien Aether leicht ausgezogen werden kann. Nach dem Verdunsten des Aethers bleibt sie, von nur ganz wenig einer nicht weiter untersuchten öligen Säure durchtränkt, krystallinisch zurück. Sie wird aus Wasser umkrystallisirt und dabei mit Thierkohle entfärbt. Die ölige Säure findet sich als sehr leicht löslich in der letzten Mutterlauge. Sie sowohl als das durch Salzsäure nicht weiter angreifbare Oel sind offenbar die Zersetzungsproducte jener im ursprünglichen Oel enthaltenen Substanz, welche die bei der Destillation der höher siedenden Theile beobachtete geringe Zersetzung verursacht.

Eine Zersetzung des Aethergemisches mit Hülfe von überschüssiger Kalilauge an Stelle von Salzsäure gelingt vorzüglich bei Zusatz von etwas Alkohol und Erhitzen im Wasserbade leicht, dabei bleibt aber nur die Monochlorquartenylsäure unverändert, während die Monochlortetracrylsäure unter Austritt von Chlor und Wasserstoff in eine Säure von der Zusammensetzung $C^4H^4O^2$ (siehe »Tetrolsäure«) verwandelt wird.

Digitized by Google

Die wesentlichen Producte der Einwirkung von Phosphorpentachlorid auf Aethyldiacetsäureäther sind also die Chloride der Monochlorquartenylsäure und der Monochlortetracrylsäure, die Aether dieser beiden Säuren, Aethylchlorid, Salzsäure, Phosphoroxychlorid und ein die braune Färbung bewirkender beim Destilliren der mit Wasser zersetzten Producte als braunes Harz zum Vorschein kommender Körper. Abgesehen von diesem letzteren lässt sich die Bildung der ersteren aus der Aethyldiacetsäure durch folgende einfache Gleichungen ausdrücken:

$$C^6H^{10}O^3 + 2\,PCl^5 = C^4H^4ClO, Cl + C^2H^5Cl + HCl + 2\,POCl^3.$$

$$C^6H^{10}O^3 + PCl^5 = C^4H^4ClO^2, C^2H^5 + HCl + POCl^3.$$

Dass der erwähnte harzartige Körper ein wesentliches Zersetzungsproduct ist, geht daraus hervor, dass die Mengen von Chlorquartenylsäure, Chortetracrylsäure und den Aethern beider, welche erhalten werden, verhältnissmässig kleiner sind. Aus 600 Grm. Aethyldiacetsäure wurden erhalten: 105 Grm. reine Monochlorquartenylsäure, 36 Grm. reine Monochlortetracrylsäure, 76 Grm. des neutralen Aethergemisches beider Säuren und 36 Grm. der über Schwefelsäure nicht weiter eindunstenden und Krystalle abscheidenden Mutterlauge der Chlortetracrylsäure, welche aus dieser Säure zu $^2/_3$ noch bestehen mochte. Die Mengen der beiden metameren Säuren sind also, wie man sieht, nicht gleich gross, es wird mehr Monochlorquartenylsäure als Monochlortetracrylsäure erhalten, was gewiss in der leichteren Veränderlichkeit der letzteren Säure mit begründet ist.

4. Quartenylsäure.

Eine gesättigte Lösung des Natriumsalzes der Monochlorquartenylsäure wird mit Natriumamalgam bei gewöhnlicher Temperatur zusammengebracht und häufig umgeschüttelt. Dabei findet unter geringer Erwärmung der Flüssigkeit anfangs nur spärliche Wasserstoffentwicklung, die erst gegen das Ende der Reaction etwas reichlicher wird, statt. Sobald diese letztere gleichförmig weiter geht, kann die Reaction als beendigt angesehen werden. Die alkalische Lösung wird vom Quecksilber abgegossen, filtrirt, mit Schwefelsäure übersättigt und mit alkoholfreiem Aether wiederholt durchgeschüttelt. Nach dem Entwässern der ätherischen Auszüge mittelst Chlorcalcium wird der Aether aus dem Wasserbade abdestillirt und die zurückbleibende ölförmige Säure rectificirt. Sie geht fast ganz zwischen 168° und 175° über und nur wenn die angewandte Chlorquartenylsäure etwas Chlortetracrylsäure enthält, destillirt ein dem entsprechender Theil etwas höher. Die auf diese

Digitized by Google

Weise entstehende Säure ist chlorfrei und hat, wie die folgende Analyse zeigt, die Zusammensetzung: $C^4H^6O^2$.

0,2506 Grm. des zwischen 168 und 169° destillirten Theils gaben 0,5105 Grm. Kohlensäure, entspr. 0,139227 Grm. = 55,6 Proc. Kohlenstoff und 0,1677 Grm. Wasser, entspr, 0,018633 Grm. = 7,4 Proc. Wasserstoff.

	ber.	gef.
C^4 =	55,8	55,6
H^6 =	7,0	7,4
O^2 =	37,2	—
	100,0	

Die Quartenylsäure ist eine farblose ölige Flüssigkeit von stechendem, an Buttersäure erinnernden Geruch, welche selbst bei —15° nicht fest wird und sich mit Wasser in allen Verhältnissen mischen lässt. Ihr Siedepunkt liegt bei 171,9° corr., ihr spec. Gewicht ist 1,018 bei 25°.

Sie entsteht aus der Monochlorquartenylsäure nach der Gleichung:

$$C^4H^5ClO^2 + 2H = C^4H^6O^2 + HCl.$$

Aus 12 Grm. der ersteren wurden 7,5 Grm. der letzteren gewonnen.

Von den Salzen der Quartenylsäure sind die folgenden dargestellt worden:

Natriumsalz. Aus der mit Natriumcarbonat gesättigten Lösung der Säure krystallisirt es nach dem Eindampfen in nadelförmigen, in Wasser sehr leicht löslichen, in feuchter Luft zerfliesslichen Krystallen.

Baryumsalz. Kleine luftbeständige, sehr leicht in Wasser lösliche Krystalle, welche beim Sättigen der Säurelösung mit Bariumcarbonat nach dem Eindampfen der filtrirten Lösung erhalten werden. Ihre Zusammensetzung entspricht der Formel: $C^4H^5O^2, Ba + OH^2$.

0,2763 Grm. des lufttrocknen Salzes verloren über Schwefelsäure und dann im Luftbad auf 105° erhitzt 10,6 Proc. Wasser und hinterliessen nach dem Glühen 0,1571 Grm. Baryumcarbonat, entspricht 0,10925 Grm. = 39,5 Proc. Baryum.

Die obige Formel verlangt: 10,5 Proc. Wasser und 39,9 Proc. Baryum.

Calciumsalz. Sehr leicht lösliche concentrisch gruppirte, oft sternförmig an einander gereihte Nadeln oder Blättchen von der Zusammensetzung: $C^4H^5O^2, Ca + OH^2$.

0,3695 Grm. lufttrocknes Salz verloren über Schwefelsäure und schliesslich im Luftbad bis 102° erhitzt 0,0504 Grm. = 13,7 Proc. Wasser und hinterliessen nach dem Glühen 0,0861 Grm. Calciumoxyd, ent-

Digitized by Google

spricht 0,615 Grm. = 16,6 Proc. Calcium. Die Formel verlangt: 14,6 Proc. Wasser und 16,3 Proc. Calcium.

Bleisalz. Feine verfilzte in der Flüssigkeit hell und durchsichtig, nach dem Trocknen weiss und atlasglänzend erscheinende Nadeln, welche bei 68⁰ zu einer halbdurchsichtigen Masse schmelzen, die auch nach dem Erkalten amorph bleibt. Sie haben die Zusammensetzung:

$(C^4H^5O^2)^2Pb + OH^2$. Entstehen durch Auflösen von Bleicarbonat in wässriger, warmer Quartenylsäurelösung.

0,3016 Grm. lufttrocknes Salz verloren bei 100⁰ 0,0108 Grm. = 3,6 Proc. Wasser und lieferten 0,2284 Grm. Bleisulfat, entspricht 0,15604 Grm. = 51,7 Proc. Blei.

Die Formel verlangt: 4,6 Proc. Wasser und 52,4 Proc. Blei.

Silbersalz. Die Lösung des Natriumsalzes giebt mit Argentinitrat einen weissen käsigen, in Wasser fast unlöslichen, am Lichte sich nur langsam schwärzenden Niederschlag von der Zusammensetzung: $(C^4H^5O^2)^2Ag$.

0,2645 Grm. von einer ersten, durch zur vollständigen Umsetzung ungenügenden Silbernitratmenge bewirkten Fällung verloren lufttrocken angewandt beim Erhitzen auf 95⁰ (bei höherer Temperatur tritt Bräunung ein) nichts am Gewicht und lieferten 0,1937 Grm. Chlorsilber, entspr. 0,14578 Grm. = 55,1 Proc. Silber.

0,2051 Grm. derselben Fällung über Schwefelsäure getrocknet gaben 0,1838 Grm. Kohlensäure, entspr. 0,050127 Grm. = 24,4 Proc. Kohlenstoff und 0,0544 Grm. Wasser, entspr. 0,006044 Grm. = 2,9 Proc. Wasserstoff.

0,2726 Grm. durch völlige Ausfällung des Filtrats der ersten Fällung durch Silbernitrat erhalten und bei 95⁰ getrocknet, lieferten 0,1996 Grm. Chlorsilber, entspr. 0,150222 Grm. = 55,1 Proc. Silber.

	ber.	gef.	
C^8 =	24,9	24,4	—
H^{10} =	2,6	2,9	—
Ag =	55,9	55,1	55,1
O^4 =	16,6	—	—
	100,0		

Die Lösung der quartenylsauren Salze giebt mit Ferrichlorid eine braungelbe, flockige, mit Cupriacetat eine hellblaue, in kleinen Mengen fast weiss erscheinende Fällung.

Quartenylsäure-Aethyläther. Farblose, eigenthümlich nicht unangenehm riechende bei 136⁰ corr. siedende Flüssigkeit, deren spez. Gew. 0,927 bei 19⁰ ist.

Digitized by Google

0,1884 Grm. des bei 134—135° destillirten Theils gaben 0,4381 Grm. Kohlensäure, entspr. 0,11948 Grm. = 63,4 Proc. Kohlenstoff und 0,1539 Grm. Wasser, entspr. 0,0171 Grm. = 9,1 Proc. Wasserstoff.

	ber.	gef.
C^6	= 63,1	63,4
H^{10}	= 8,8	9,1
O^2	= 28,1	—
	100,0	

Die Zersetzung, welche die Quartenylsäure beim Schmelzen mit Kalihydrat erleidet, wurde auf folgende Weise untersucht. Die mit Kalilauge neutralisirte Lösung der Säure wurde zur Trockne eingedampft und mit der dreifachen Menge gepulverten Kalihydrats gemischt im Silbertiegel so lange vorsichtig geschmolzen, bis die anfangs auftretende starke Wasserstoffgasentwicklung nachliess. Die Schmelze wurde nach dem Erkalten gelöst, mit Schwefelsäure übersättigt und destillirt. Es wurden 2 saure Destillate erhalten, das zuerst übergegangene Destillat A. und das zuletzt übergegangene Destillat B. Das erste Destillat A. wurde nahezu zur Hälfte wieder mit Natriumcarbonat neutralisirt und abermals destillirt. Das erhaltene saure Destillat wurde mit Natriumcarbonat schwach übersättigt, zur Trockne eingedampft und mit abs. Alkohol ausgezogen. Der nach dem Abdestilliren des Alkohols verbleibende Rückstand (I.) betrug nur wenig und wurde ganz zu einer Natriumbestimmung verwandt.

I. Die 0,0913 Grm. desselben wurden nach dem Trocknen bei 120° erst vorsichtig geschmolzen, was ohne Verlust geschah, und darauf verbrannt. Es hinterblieben 0,0515 Grm. weisses geschmolzenes Natriumcarbonat, entspr. 0,02235 Grm. = 24,5 Proc. Natrium.

Der verbliebene Destillationsrückstand wurde nun mit Natriumcarbonat genau neutralisirt, im Wasserbade zur Trockne gebracht und mit einer zu seiner Lösung unzureichenden Menge abs. Alkohols digerirt. Das Gelöste (II.) sowohl, als das Ungelöste (III.) wurde jedes für sich ganz zur Analyse verwandt.

II. 0,1396 Grm. getrocknetes und ohne Verlust schmelzbares Salz hinterliessen nach dem Verbrennen 0,0879 Grm. Natriumcarbonat, entspricht 0,038145 Grm. = 27,3 Proc. Natrium.

III. 0,1114 Grm. ebenso geschmolzenes Salz gaben 0,0706 Grm. Natriumcarbonat, entspr. 0,030638 Grm. = 27,5 Proc. Natrium.

Das letzte Destillat B. wurde ebenfalls mit Natriumcarbonat schwach übersättigt, zur Trockne gebracht und mit abs. Alkohol behandelt. Das

Digitized by

darin Lösliche (IV.) wurde nach dem Abdestilliren des Alkohols zur Analyse verwandt.

IV. Die 0,1970 Grm. konnten nach dem Trocknen ohne Verlust geschmolzen werden. Sie hinterliessen nach dem Glühen 0,1277 Grm. Natriumcarbonat, entspr. 0,055417 Grm. = 28,1 Proc. Natrium.

Aus diesen Resultaten folgt, dass die Hauptmenge der Salze (II., III. und IV.), also etwa $^4/_5$ vom Ganzen, fast reines Natrium-Acetat war, welches 28,0 Proc. Natrium enthält, und dass der kleine Theil (I.), also etwa $^1/_5$ vom Ganzen, aus einem Gemisch der Natriumsalze von Essigsäure und noch unveränderter Quartenylsäure (welches 21,3 Proc. Natrium verlangt) bestanden hat. Darnach kann es aber keinem Zweifel unterliegen, dass als Zersetzungsproduct der Quartenylsäure beim Schmelzen mit Kalihydrat nur Essigsäure gebildet wird, nach der Gleichung:

$$C^4H^5O^2, K + KOH + OH^2 = 2(C^2H^3O^2, K) + 2H.$$

Die Quartenylsäure stimmt darin also vollständig überein mit der einen von den beiden bekannten metameren Säuren, nämlich der Tetracrylsäure (»feste Crotonsäure«), unterscheidet sich darin aber von der andern, der Methacrylsäure, welche mit Kalihydrat geschmolzen Ameisensäure und Propionsäure liefert.

5. Tetracrylsäure.

(»Feste Crotonsäure«.)

Dieselbe entsteht aus der Monochlortetracrylsäure auf ganz analoge Weise und unter analogen Umständen, wie die Quartenylsäure aus der Monochlorquartenylsäure. Die mit Natriumamalgam behandelte wässrige Lösung des Natriumsalzes, bis eine gleichmässige Wasserstoffentwicklung eintritt, wurde vom Quecksilber abgegossen, mit Schwefelsäure übersättigt und mit Aether extrahirt. Nach dem Destilliren des Aethers im Wasserbade bleibt die Säure geschmolzen zurück. Sie erstarrte sehr rasch beim Erkalten zu farblosen Nadeln. Eine damit vorgenommene Schmelzpunktsbestimmung ergab denselben zu 79,5° und den Erstarrungspunkt zu 78°. Die Krystalle erwiesen sich ausserdem als frei von Chlor. Da der Schmelzpunkt der sogen. »festen Crotonsäure« aber bei 72° und ihr Erstarrungspunkt bei 70,5° liegt, so konnte die beobachtete Abweichung wohl in der Beimengung einer höher schmelzenden Substanz begründet sein. Die Krystallmasse wurde deshalb zur Reinigung aus Wasser umkrystallisirt. Die den grösseren Theil ausmachenden, zuerst ausgeschiedenen Krystalle, welche dicke farblose Tafeln des monoklinen Systems darstellten, besassen nun in

Digitized by Google

der That den Schmelzpunkt 71°,5, den Erstarrungspunkt 70° und ausserdem den corr. Siedepunkt 187°,4, wie ihn die Säure aus Cyanallyl zeigt. Dass sie auch dieselbe Zusammensetzung wie die letztere besassen, zeigt die folgende Analyse.

0,2895 Grm. der über Schwefelsäure getrockneten Krystalle gaben 0,5912 Grm. Kohlensäure, entspr. 0,161236 Grm. = 55,7 Proc. Kohlenstoff und 0,1830 Grm. Wasser, entspr. 0,020333 Grm. = 7,0 Proc. Wasserstoff.

	ber.	gef.
C^4 =	55,8	55,7
H^6 =	7,0	7,0
O^2 =	37,2	—
	100,0	

Mit den späteren Krystallisationen stieg der Schmelzpunkt und betrug bei der letzten 81—81,5°, ohne dass äusserlich eine Veränderung an denselben wahrzunehmen gewesen wäre. Die Analyse dieser Partie ergab folgende Zahlen: 0,1995 Grm. der geschmolzenen und über Schwefelsäure getrockneten Krystalle gaben 0,4092 Grm. Kohlensäure, entspr. 0,1116 Grm. = 55,9 Proc. Kohlenstoff und 0,1148 Grm. Wasser, entspr. 0,012756 Grm. = 6,4 Proc. Wasserstoff; also im Kohlenstoff eine Abweichung von nur 0,1 Proc., im Wasserstoff von 0,6 Proc. von der Zusammensetzung der Tetracrylsäure. Daraus geht schon zur Gnüge hervor, dass die höher schmelzenden Krystalle zum grössten Theil noch aus Tetracrylsäure bestanden, und dass die Ursache des erhöhten Schmelzpunktes der Beimengung einer Säure zuzuschreiben ist, deren Kohlenstoffgehalt etwas grösser, deren Wasserstoffgehalt aber geringer und deren Schmelzpunkt beträchtlich höher sein muss, als der der Tetracrylsäure.

Es wurden nun sämmtliche Krystallisationen vom Schmelzpunkt über 72° und bis 81° vereinigt und destillirt. Sie gingen zwischen 170° und 184° über. Die von 170—175° destillirte Portion besass einen Schmelzpunkt von 72—75° und ergab bei der Analyse 56,5 Proc. Kohlenstoff und 6,8 Proc. Wasserstoff, während die von 175—184° destillirte Portion einen Schmelzpunkt von 77—80° besass und bei der Analyse 56,3 Proc. Kohlenstoff und 6,5 Proc. Wasserstoff besass. Diese Resultate bestätigen die oben ausgesprochene Vermuthung im Betreff der Zusammensetzung der Verunreinigung und zeigen, dass der Siedepunkt derselben jedenfalls niedriger, als der der Tetracrylsäure sein wird.

Digitized by Google

6. Tetrolsäure.

Diese Säure entsteht aus der Monochlortetracrylsäure, wenn deren Aether durch überschüssige Kalilauge zersetzt wird. Dabei geht die Monochlortetracrylsäure unter Austritt von Chlorwasserstoff in Tetrolsäure über. Zu ihrer Darstellung kann man bequem das ölförmige Product der Einwirkung von Phosphorpentachlorid auf Aethyldiacetsäure, also das Gemenge von Monochlorquartenylsäure- und Monochlortetracrylsäure-Aether verwenden (siehe oben S. 566). Man versetzt dasselbe mit einer etwas grösseren Menge Kalilauge, als zur völligen Zersetzung der Aether nöthig ist, fügt noch etwas Alkohol hinzu und erwärmt den an einem umgekehrten Kühler befestigten Kolben so lange im Wasserbade, bis das ölförmige Product verschwunden ist. Sollte die Flüssigkeit, ehe dies geschieht, neutral geworden sein, so fügt man noch etwas Kalihydrat hinzu, vermeidet aber einen zu grossen Ueberschuss, da durch einen solchen die Tetrolsäure selbst wieder verändert wird. Der Inhalt des Kolbens wird nun destillirt bis kein Alkohol[1]) mehr übergeht, dann mit Schwefelsäure übersättigt und abermals destillirt bis die als Aether vorhanden gewesene und durch diese Operationen nicht veränderte Monochlorquartenylsäure völlig übergegangen ist. Der saure Rückstand wird mit alkoholfreiem Aether ausgezogen, die ätherische Lösung mit Chlorcalcium entwässert und im Wasserbade vom Aether befreit. Der beim Erkalten krystallinisch erstarrende bräunlich gefärbte chlorfreie Rückstand kann durch mehrmaliges Umkrystallisiren aus Wasser farblos erhalten werden und stellt nun die reine Säure dar. Dieselbe besitzt, wie die folgende Analyse zeigt, die Zusammensetzung: $C^4H^4O^2$.

0,2456 Grm. der über Schwefelsäure völlig getrockneten Säure gaben 0,5126 Grm. Kohlensäure, entsprechend 0,1398 Grm. = 57,0 Proc. Kohlenstoff und 0,111 Grm. Wasser entspr. 0,012333 Grm. = 5,0 Proc. Wasserstoff.

	ber.	gef.
C^4 =	57,1	57,0
H^4 =	4,8	5,0
O^2 =	38,1	—
	100,0	

Die Tetrolsäure krystallisirt aus der wässrigen Lösung in farblosen, durchsichtigen, rhombischen Tafeln, welche in Wasser sehr leicht lös-

1) Mit diesem destillirt eine kleine Menge eines durch Vermischen mit Wasser und nachheriges Schütteln mit Aether zu erhaltenden, lauchartig riechenden chlorhaltigen Oels, wahrscheinlich identisch mit dem, welches beim Behandeln der Aether mit Salzsäure übrig bleibt.

lich und in feuchter Luft zerfliesslich sind. In Alkohol und Aether ist sie gleichfalls leicht löslich. Sie schmilzt, wenn über Schwefelsäure völlig getrocknet, bei 76°,5 und erstarrt vollständig wieder bei 70°,5. Sie siedet bei 203° corr. und destillirt unverändert über, beim Erkalten sofort wieder zu einer krystallinischen Masse erstarrend. Sie geht aus der Monochlortetracrylsäure hervor nach der Gleichung:

$$C^4H^5ClO^2 - HCl = C^4H^4O^2.$$

Um dieser Gleichung gemäss die Tetrolsäure direct aus der Monochlortetracrylsäure zu erzeugen, wurden 2 Grm. der Letzteren mit dreimal so viel Kalihydrat, als zur Neutralisation hingereicht hätte, in wässriger Lösung 12 Stunden im Wasserbade unter Ersetzung des verdampfenden Wassers behandelt. Darauf wurde die Flüssigkeit mit Schwefelsäure übersättigt und mit reinem Aether ausgezogen. Nach dem Verdunsten desselben hinterblieb nur sehr wenig krystallisirte Säure, welche sich als völlig chlorfrei erwies (alle Monochlortetracrylsäure war also unter Bildung von Kaliumchlorid zersetzt worden), und nachdem sie auf Fliesspapier über Schwefelsäure völlig getrocknet worden war, den Schmelzpunkt 76° zeigte. Da sie auch ausserdem zerfliesslich wie die Tetrolsäure war, so ist es offenbar, dass sie aus derselben bestand.

Der Grund, weshalb trotz der völligen Zersetzung der Monochlortetracrylsäure durch die Kalilauge doch nur so sehr wenig Tetrolsäure erhalten wurde, kann nur in einer weiteren Zersetzbarkeit auch dieser Säure durch überschüssige Kalilauge begründet sein. Da aber andere fixe Zersetzungsproducte nicht aufgefunden werden konnten, so können es nur flüchtige sein, welche dabei entstehen, vermuthlich Kohlensäure und Aceton, welche nach der Gleichung:

$$C^4H^4O^2 + OH^2 = CO^2 + C^3H^6O$$

aus ihr hervorgehen.

III. Ueber das Diäthyldiacetsäure-Amid und die Einwirkung von Ammoniak auf Aethyldiacetsäure-Aether in der Hitze.

Die Einwirkung des conc. Ammoniaks auf Aethyldiacetsäure-Aether bei gewöhnlicher Temperatur verläuft bekanntlich so, dass 2 Producte etwa zu gleichen Mengen entstehen: ein in Wasser lösliches Amid ($C^6H^{11}NO^2$), welches unter Zutritt von 1 Mgt. Ammoniak und Austritt von 1 Mgt. Alkohol entsteht und ein in Wasser unlösliches Amid ($C^8H^{15}NO^2$), welches unter Zutritt von 1 Mgt. Ammoniak und Austritt von 1 Mgt. Wasser gebildet wird. Das Erstere kann also als das Amid der

Digitized by Google

Aethyldiacetsäure, das Letztere als das Amid der Diaethyldiacetsäure oder aber als das Aethylamid der Aethyldiacetsäure angesehen werden [1]. Zur Entscheidung der Frage, ob die eine oder die andere Auffassung für das unlösliche Amid die richtigere sei, wurden folgende Versuche unternommen.

1. Wird das unlösliche Amid in schlecht verschlossenen Gefässen aufbewahrt, oder werden die Gefässe öfters geöffnet, so bemerkt man zugleich mit dem allmählichen Flüssigwerden kleiner Mengen der Krystalle das Auftreten von Ammoniak. Es lag der Gedanke nahe, dass diese Veränderung des Amids durch die Feuchtigkeit bewirkt werde und dasselbe schon durch Wasser, rascher wahrscheinlich wässrige Säuren unter Bildung von Ammoniak wieder in Aethyldiacetsäureäther übergehe, aus welchem es durch Ammoniak unter Austritt von Wasser gebildet wurde. Der Versuch hat, was die Wirkung der verdünnten Säuren anlangt, diese Vermuthung bestätigt. 2 Grm. des unlöslichen Amids wurden mit verdünnter Salzsäure in einen verschliessbaren Cylinder einen Tag lang öfters durchgeschüttelt. Bald nach dem Zusammensein schon begann die Verflüssigung der Krystalle, allmählich verschwand der eigenthümliche Geruch des Amids und dafür trat derjenige des Aethyldiacetsäureäthers auf. Das schliesslich übriggebliebene Oel wurde von der wässrigen Flüssigkeit abdestillirt und entwässert. Es betrug 1,5 Grm. und ging beim Rectificiren zwischen 175° und 196° über. Seine Analyse ergab, dass es fast reiner Aethyldiacetsäureäther war. Der wässrige salzsaure Rückstand hinterliess nach dem Eindampfen zur Trockne 0,75 Grm. in absoluten Aether unlöslichen, reinen Salmiak. Wenn die Zersetzung nach der Gleichung:

$$C^8H^{15}NO^2 + OH^2 + HCl = C^8H^{14}O^3 + NH^4Cl$$

verlaufen wäre, so hätten 2 Grm. Aethyldiacetsäureäther und 0,7 Grm. Salmiak erhalten werden müssen.

Aus diesen Thatsachen geht hervor, dass das unlösliche Amid nicht als das Aethylamid der Aethyldiacetsäure, sondern als das Amid der Diäthyldiacetsäure aufzufassen ist.

2. Es wurden 6 Grm. des unlöslichen Amids mit 27 Grm. Wasser in ein Rohr eingeschlossen und zunächst im Wasserbade erhitzt. Nach kurzer Zeit wurde das Rohr wieder erkalten gelassen, wobei die zu einem Oel geschmolzenen Krystalle, vornehmlich beim Schütteln, wieder erstarrten; aber schon nach 4stündigem Erhitzen fand dies nicht mehr statt, zugleich hatte das Oel an Volumen abgenommen. Es wurde die Erhitzung während mehrerer Tage fortgesetzt und allmählich im

[1] Vergl. d. Zeitschrift Bd. II. p. 404.

Digitized by Google

Luftbad die Temperatur bis 130⁰ gesteigert, so lange nämlich, als noch eine Volumabnahme des Oels zu bemerken war. Das Volumen der nun verbleibenden öligen Flüssigkeit betrug ein Dritttheil vom Volumen der angewandten geschmolzenen Krystalle. Beim Oeffnen des Rohrs in der Flamme war kaum ein Druck wahrnehmbar, der Inhalt roch stark ammoniakalisch. Derselbe wurde in ein Kölbchen gespült und das Oel mit dem Kühler überdestillirt. Da der wässrige Theil des Destillats viel Ammoniumcarbonat enthielt, so wurde das gesammte Destillat mit verdünnter Schwefelsäure schwach sauer gemacht, was unter starkem Aufbrausen von Kohlensäure stattfand, und abermals destillirt. Die Menge des über Chlorcalcium entwässerten Oels betrug 3 Grm. und destillirte von 78—208⁰ über. Es enthielt ausser einer kleinen Menge Alkohol hauptsächlich Aethylaceton und wenig höher siedendes Product. Der erste wässrige Destillationsrückstand wurde auf dem Wasserbade langsam zur Trockne gebracht und ergab 1 Grm. des löslichen fein krystallinischen Amids der Aethyldiacetsäure mit all seinen charakteristischen Eigenschaften.

Der Verlauf der Einwirkung war also der Hauptsache nach so, dass ein Theil des unlöslichen Amids unter Wasseraufnahme und Alkoholbildung in das lösliche Amid überging nach der Gleichung:

$$C^8H^{15}NO^2 + OH^2 = C^6H^{11}NO^2 + C^2H^6O$$

und ein Theil von diesem durch weitere Aufnahme von Wasser in Aethylaceton, Kohlensäure und Ammoniak verwandelt wurde nach der Gleichung:

$$C^6H^{11}NO^2 + OH^2 = C^5H^{10}O + CO^2 + NH^3.$$

Dass diese Zersetzung des löslichen Amids in der That statthat, diess sowohl als das, warum es dieselbe nur theilweise erleidet, haben zwei vergleichende Versuche gelehrt. In dem einen wurde lösliches Amid mit der 16fachen Menge reinen Wassers in ein Rohr eingeschlossen und während 9 Stunden auf 135⁰ erhitzt. Das Resultat war eine theilweise Zersetzung desselben nach obiger Gleichung in Aethylaceton und Ammoniumcarbonat. Der Grund, warum eine vollständige Zersetzung bei dieser Temperatur nicht statthatte, konnte in der Bildung des Ammoniumcarbonats begründet sein, und in der That blieb lösliches Amid mit einer wässrigen mässig conc. Lösung von Ammoniumcarbonat in gleicher Weise behandelt, fast vollständig unverändert.

Was die geringe Menge höher siedendes Product war, welches bei der Zersetzung des unlöslichen Amids im oben angeführten Versuche mit erhalten wurde, konnte seiner geringen Menge halber hier nicht entschieden werden. Um dasselbe in grösserer Menge zu erhalten, wurde nicht erst das unlösliche Amid dargestellt, sondern sogleich die

Materialien dazu, Ammoniak und Aethyldiacetsäureäther auf einander wirken gelassen.

3. Aethyldiacetsäure-Aether wurde mit dem 4—5fachen Volum conc. wässrigen Ammoniaks in Röhren eingeschlossen und im Oelbad während mehrerer Tage von 100° auf 120° erhitzt, nämlich so lange, bis die Volummenge des Aethers sich nicht mehr verminderte. Es war diess der Fall, wenn die gute Hälfte seines ursprünglichen Volumens verschwunden war. Nach dem Erkalten wurde die wässrige Flüssigkeit so vollständig als möglich vom aufschwimmenden Oel getrennt, dieses zunächst einmal mit reinem Wasser, ein zweitesmal mit schwefelsäurehaltigem destillirt und dann entwässert. 65 Grm. angewandter Aether gaben so 20 Grm. ölförmiges Product.

Als die wässrige Lösung destillirt wurde, ging sehr viel Alkohol mit nur wenig Oel in Lösung über, ausserdem war an das mit destillirendem Ammoniak eine beträchtliche Menge Kohlensäure gebunden.

Das ölförmige Product zeigte sich bei der Rectification aus 3 Particen bestehend, aus einer etwas über 100° siedenden, aus einer zwischen 190 und 200° destillirenden und aus einer von 200—215° übergehenden. Die mittlere bestand aus noch unzersetzt gebliebenem Aethyldiacetsäureäther, sie wurde abermals mit conc. Ammoniak eingeschlossen und weiter zersetzt. Die niedrigst siedende Portion war wahrscheinlich Aethylaceton, sie wurde durch Schütteln mit saurem Natriumsulfit in eine krystallinische Verbindung übergeführt, welche nach dem Abfiltriren und Abpressen durch Kochen mit Natriumcarbonat wieder zersetzt wurde. Das übergehende Oel, welches leichter als Wasser war, wurde mit Chlorcalciumlösung geschüttelt, entwässert und rectificirt. Es ging zwischen 100 und 102° über.

0,1678 Grm. desselben gaben 0,4273 Grm. Kohlensäure, entspr. 0,11654 Grm. = 69,5 Proc. Kohlenstoff und 0,1842 Grm. Wasser, entspr. 0,020467 Grm. = 12,2 Proc. Wasserstoff.

Darnach war es also in der That Aethylaceton, welches verlangt: 69,7 Proc. Kohlenstoff und 11,7 Proc. Wasserstoff.

Die etwa 8 Grm. betragende Menge höchst siedendes Product wurde wiederholt destillirt, und schliesslich, da vermuthet wurde, dass es der von Frankland und Duppa beobachtete Diäthyl-diacetsäureäther ($C^{10}H^{18}O^3$)[1] vorzüglich sein möchte, welcher zwischen 210 und 212° destillirt, das zwischen diesen Temperaturen übergehende analysirt. Es wurden erhalten 63,9 Proc. Kohlenstoff und 9,9 Proc. Wasserstoff, während der Diäthyldiacetsäureäther 64,5 Proc. Kohlenstoff und 9,7

1) Annal. d. Chem. u. Pharm. Bd. 138. p. 208.

Digitized by Google

Proc. Wasserstoff verlangt. Es unterliegt darnach keinem Zweifel, dass in der That diess Product Diäthyl-diacetsäureäther ist.

Aus diesen Resultaten ergiebt sich, dass bei der Zersetzung des Aethyldiacetsäureäthers durch Ammoniak in höherer Temperatur oder auch bei der Zersetzung des unlöslichen Amids (Diäthyl-diacetsäure-Amid) durch Wasser in der Wärme neben löslichem Amid (Aethyldiacet-Amid) eine geringe Menge von Diäthyl-diacetsäureäther entsteht nach den Gleichungen:

$$2\,C^8H^{14}O^3 + NH^3 = C^{10}H^{18}O^3 + C^6H^{11}NO^2 + OH^2$$

$$2\,C^8H^{15}NO^2 + OH^2 = C^{10}H^{18}O^3 + C^6H^{11}NO^2 + NH^3.$$

Ich kann diese Mittheilungen nicht schliessen, ohne der wesentlichen Hülfe dankend zu gedenken, welche mir mein früherer Assistent Herr Dr. O. Frölich bei den zeitraubenden und zum Theil schwierigen Untersuchungen in ausgezeichneter Weise geleistet hat.

Jena, Anfang Februar 1871.

Digitized by Google

Untersuchungen über Bau und Entwickelung der Arthropoden[1].

Von

Dr. Anton Dohrn.

Mit Tafel XIV. u. XV.

12. Zur Embryologie und Morphologie des Limulus Polyphemus.

Einleitung.

Unter allen heute lebenden Crustaceen lässt sich kaum eine zweite Form finden, die unter so mannigfachen Gesichtspunkten ein gleich hohes Interesse einflösst, wie die verschiedenen Arten der Gattung Limulus. Den Systematikern hat sie seit lange Schwierigkeiten verursacht, da sie allem Anschein nach ohne nähere Verwandte besteht und nur in oberflächlichen Berührungen mit Formen wie Apus zu denken ist. Ihnen und den Paläontologen ward sie aber gleich wichtig, seites sich herausstellte, dass Petrefacten wie Bellinurus ein Mittelglied zwischen Limulus und den Trilobiten darstellten. Die Trilobiten aber reihen sich in vieler Beziehung unter die interessantesten Fossilien, welche die Primärformationen enthalten. Sie zeigen uns eine Formenwelt, deren überaus reiche Entfaltung zu jenen sog. Urzeiten der Erde den schlagendsten Beweis liefert, wie weit entfernt von der Wahrheit der Ausdruck »Urzeit« für die Periode ist, in welcher die Trilobiten lebten, da diese zu der phyletischen Entwicklung ihrer Formen, mit denen sie schon in den Cambrischen Schichten auftreten, doch

1) Die zur Reihenfolge dieser Untersuchungen gehörenden Aufsätze: 9. Eine neue Naupliusform (Archizoëa gigas); 10. Beiträge zur Kenntniss der Malacostraken und ihrer Larven; 11. Zweiter Beitrag zur Kenntniss der Malacostraken und ihrer Larven, befinden sich im XX. und XXI. Bande der Zeitschrift für wissensch. Zoologie.

Digitized by Google

einen ganz gewaltigen Zeitraum beanspruchen müssen. Den Morphologen fesselt Limulus besonders durch die bisher erfolglos gebliebenen Bemühungen, die Conformation seines Körpers in vergleichender Betrachtung auf die andrer Krebse zurückzuführen, — eine Lücke, welche der Embryolog auszufüllen hoffen durfte; der Genealog endlich erwartete nicht mit Unrecht, aus dem Studium der ontogenetischen Entwicklung des Limulus Licht zu gewinnen nicht nur über dieses letzteren eigne Urgeschichte, sondern auch zugleich über die der Trilobiten und der gewaltigen Pterygotus und Eurypterus, deren Ueberreste uns der Devon hinterlassen hat.

So trafen in dem einen Brennpunkte Strahlen aus den verschiedensten Disciplinen der Zoologie zusammen und machten das Studium der Entwicklungsgeschichte des Limulus zu einem der wichtigsten und interessantesten auf dem ganzen Gebiet der vergleichenden Krebs-Embryologie.

Es waren solche Erwägungen, die mich schon vor Jahren bei dem Beginn meiner genealogischen Studien veranlassten, diese Aufgabe nah in's Auge zu fassen. Ich versuchte mir vor allen Dingen durch Correspondenz Nachrichten über Erscheinen, Lebensweise, Trächtigkeit und Ei-Ablage des Limulus Polyphemus, dessen häufiges Vorkommen an der Ostküste Nordamerikas ja hinlänglich constatirt ist, zu verschaffen, in der Absicht, wenn ich darüber hinlängliche Sicherheit gewonnen haben würde, selbst nach New-York oder Boston zu reisen, und an Ort und Stelle mit lebendem Materiale die Untersuchung anzustellen. Nach vielen vergeblichen Versuchen gelang es mir endlich durch die freundlichen Bemühungen des Dr. A. S. Packard jun. in Salem (Massachusetts) Auskunft zu erhalten, ja Dr. Packard versprach sogar mir eine Zusendung von Eiern und Embryonen in Alkohol zu machen, da er selber an lebenden Stücken zu beobachten gedächte. Bald darauf erschien in dem »American Naturalist Vol. IV. — Juli, 1870 — No. 5« ein Aufsatz »The horse Foot Crab by Rev. S. Lockwood, Ph. D.« und dann in derselben Zeitschrift No. 8 eine Mittheilung Packard's »On the Embryology of Limulus Polyphemus«, auf die ich noch weiter unten zurückkommen werde. Im November 1870 erhielt ich dann zwei kleine Fläschchen mit einigen Hundert Eiern und Embryonen, und lasse nun folgen, was mir deren Untersuchung ergab.

Untersuchung der Embryonen und Larven des Limulus.

Ueber die ersten Stadien bin ich leider nicht im Stande, etwas zu berichten, sie sind weder direct noch durch Behandlung mit Reagentien

Digitized by Google

zu irgend einer Kenntlichkeit zu bringen[1]). Was von den oben genannten Beobachtern darüber mitgetheilt wird, werde ich weiter unten anführen. Nur die Grösse der Eier mag hier verzeichnet werden. Sie beträgt im Längsdurchmesser 2 Millimeter, im Querdurchmesser 1 ½ Millimeter, die Eier gehören mit zu den grössten bekannten Krebs-Eiern. Ihre Hüllen sind sehr eigenthümlicher Art. Die äussere ist ein dickes, lederartiges, aus, wie es scheint, 6—9 einzelnen Schichten bestehendes Exochorion, dessen Bildung vielleicht nicht im Ovarium selbst, sondern in einem besondern dafür bestimmten Abschnitt der Ausführungsgänge bewirkt wird. Bei Schnitten durch das ganze Ei sieht man die Schichten dieses Exochorion in ziemlicher Deutlichkeit, und beim Zerschneiden derselben in kleinere Stücke kommt es oft vor, dass an den Ecken ein Aufblättern derselben erfolgt.

Dicht unter diesem lederartigen Exochorion, dessen Farbe ein schmutziges Grün ist, befindet sich das eigentliche Chorion, welches durchsichtig ist, aber jene auffallende, zellenartige Structur besitzt, die wir schon mehrfach an Chorien zu erkennen Gelegenheit hatten. Man nimmt an, dass es von den das Ei umgebenden Epitelzellen des Eierstocks in der Weise ausgeschieden würde, dass die Begrenzung jeder einzelnen Zelle auch wieder an dem Ausscheidungsproduct erkennbar würde. Mag dem so sein oder nicht, bei dem Ei von Limulus finden wir wiederum die zellenartige Structur des Chorion, und zwar mit der Besonderheit, dass es von nicht geringer Dicke ist, diese Dicke ermöglicht auch die später stattfindende, ausserordentliche Dehnung, die es erleidet, wobei die zellenartige Structur den Anschein von dachziegelartig über einander liegenden Schuppen gewinnt. Wodurch es geschieht, dass dies Chorion, statt zu platzen, sich allmählich immer mehr ausdehnt und schliesslich einen Durchmesser von mehr als 4 Millimeter erreicht, vermag ich an den Spiritus-Exemplaren, die allein mir vorliegen, nicht zu ergründen.

Ueber Dotterfurchung und erste Anlage des Embryo ist also von mir nichts beobachtet. Das frühste Stadium, das ich zur Untersuchung bringen konnte, zeigt bereits die Anlage von 5 Extremitäten-Paaren, die in zwei Reihen als kleine Knöpfchen an der Peripherie des Dotters dicht unter dem Chorion zu erkennen waren. Das fünfte war zugleich das grösste, das erste das kleinste; dennoch und besonders nach dem Vergleich mit spätern Stadien, vermuthe ich, dass die sechste Extremität nicht hinter jener fünften, grössten, zu suchen ist, sondern vor

1) Leider waren die Embryonen nicht in absolutem Alcohol, sondern nur in »starkem Whiskey«; daraus ergaben sich viel Schwierigkeiten für die Untersuchung der nicht hinreichend erhärteten Objecte.

der ersten, kleinsten, und glaube, dass sie auch schon in jenem frühsten von mir beobachteten Stadium bestanden haben mag, aber wohl nicht zu erkennen gewesen ist, wegen ihrer ganz geringen Grösse. Mit diesen Extremitäten zusammen geht eine Gürtelbildung über die ganze Peripherie der Kugel, die in eben so viele Zonen getheilt erscheint, als Extremitäten-Paare zu sehen sind, und ausserdem an den beiden Polen je eine Kappe besitzt. Diese Zonen deuten offenbar auf die ursprüngliche Segmentbildung, — wir könnten sie, wenn etwas daran läge, »Ursegmente« taufen.

In diesem Stadium erscheint das Ei noch wenig über die anfänglichen Dimensionen hinausgewachsen, Chorion und Exochorion schliessen dicht an, — die Untersuchung gelang mir nur durch einen Schnitt durch die Aequatorial-Ebene des Eies, wodurch es möglich ward, das ziemlich zähe und unnachgiebige Exochorion zusammt dem, ihm jetzt noch dicht anliegenden Chorion als eine halbe Hohlkugel abzunehmen und den Keimabschnitt direct unter das Mikroskop zu bringen.

Ein nächstes Stadium lässt bereits einen wesentlichen Fortschritt erkennen. Erstlich haben die Extremitäten die Knopfform aufgegeben und sind mit breiterer, etwas schräg und in die Quere gestellter Basis sowie mit nach innen mittelst einer Beugung gerichteten Endabschnitten versehen. Dann aber macht sich eine weitere Bildung hinter dem sechsten Paare sehr deutlich bemerklich. Aus dem hintern Eipole, oder vielmehr aus der Keimhautskappe, welche ihm aufsitzt, bildet sich jetzt der ganze hintere Leibesabschnitt des Limulus. Der hinter dem letzten Extremitäten-Paare gelegene Rand der Kappe verdickt sich etwas; zu gleicher Zeit entfernt er sich durch stärkeres Wachsthum der ganzen Kappe, — wenn man sie so nennen will, der Schwanzkappe — von diesem Extremitätenpaare, und zwischen sie schiebt sich die, wie es scheint, gleichzeitig erfolgende Anlage von zwei neuen, und dem Schwanztheil angehörenden Extremitäten-Paaren. Dieselben ahmen aber durchaus nicht die Form der bereits vorhandenen nach, sondern entstehen als keilförmige Verdickungen, deren Spitze nach aussen gelegen ist, während ihr dickerer Grundtheil nach innen liegt. Ausserdem ist ihre Insertion noch um Vieles breiter, als die der älteren Extremitäten und nach innen zu stossen sie fast zusammen. Sie liegen ausserdem schräg gegen die Mittellinie des Keimstreifs.

Auch an dem vorderen Hauptabschnitt des Eies machen sich Veränderungen bemerklich. Die ganze, die Extremitäten tragende Seite wird nämlich von einer verdickten Zone umgeben, welche von der wulstigeren Begrenzung der Schwanzkappe ausgeht und etwas unterhalb der Aequatorialebene, also näher den Extremitäten, und um den vor-

deren Abschnitt des Eies herumgeht. Diese Verdickung stellt die erste Anlage des Kopfschildes dar, und bildet später seinen, mit mancherlei noch zu besprechenden Bildungen versehenen Rand.

So haben wir also jetzt zwei der typischen Abschnitte des späteren Limulus-Leibes in der Anlage gegeben. Es fehlt uns noch der dritte, der grosse Schwanzstachel. Die vorhandenen beiden sind aber noch dadurch wesentlich von ihren späteren Zuständen unterschieden, dass beide noch deutlich eine Zusammensetzung aus Segmenten erkennen lassen.

An dem nächsten Stadium haben wir zunächst eine bedeutende Vergrösserung des Chorion-Durchmessers und eine zu gleicher Zeit erfolgte Spaltung des Exochorion zu erkennen. Diese Spaltung erfolgt durch mehr als $^5/_6$ des Umfanges; die beiden so entstandenen Halbkugeln des Exochorion umfassen trotzdem noch einen Abschnitt des Chorions, welcher sich aber allmählich immer mehr ausdehnend, später völlig von jenen Halbkugeln befreit (Taf. XIV. Fig. 1). Hier ist es auch an der Stelle, einer Bildung zu gedenken, welche schon in früheren Stadien aufgetreten ist, aber schwer erkennbar bleibt: nämlich einer feinen Membran, welche den ganzen Embryo innerhalb des Chorion umgiebt, die entweder als Blastodermhaut aufzufassen ist, oder als erstes Häutungsproduct des Embryo. In dem hier zu beschreibenden Stadium findet sich diese Haut bereits zerrissen und als ein kleiner, etwas ins Gelbliche spielender Knäuel frei beweglich zwischen Embryo und Chorion.

Der Embryo bietet in diesem Stadium (Taf. XIV. Fig. 2) folgende Eigenthümlichkeiten dar. Die 6 Extremitäten des Kopftheiles sind in die relativen Grössen-Verhältnisse eingetreten, welche sie später innehalten sollen, aber es ist noch keine Spur von Scheerenbildung an ihnen zu erkennen. Das erste Paar liegt mit seiner Insertion, entsprechend seiner Lagerung an dem fertigen Thiere, viel näher der Mittellinie, als das zweite, ja man könnte beinah sagen, es läge zwischen den Insertionspunkten dieses zweiten Paares. Das dritte Paar wiederum liegt etwas ausserhalb des zweiten mit seiner Insertion. Das vierte und fünfte sind dem dritten ziemlich gleich, ihre Endstücke sind alle noch gleichermaassen nach innen gerichtet und zugespitzt. Das sechste Paar aber weicht nicht unansehnlich von dieser Gestaltung ab. Erstlich ist seine Spitze anfänglich zwar auch nach innen gerichtet, aber schliesslich wendet sie sich nach hinten. Die Basis aber ist sehr viel ausgedehnter, als bei den vorangehenden Extremitäten, da sie besonders nach hinten zu die eigentliche Breite der Beinanlage weit tafelförmig überragt und noch dazu an ihrem äusseren Stück einen kurzen knopf-

Digitized by Google

förmigen Aufsatz trägt, aus welchem späterhin der sonderbare Anhang werden soll, welcher den Hüfttheil des sechsten Extremitäten-Paares charakterisirt.

Hinter diesem sechsten Beinpaare hat sich nun eine wesentliche Neubildung zugetragen. Es haben sich nämlich nach innen, mehr nach der Mittellinie des ganzen Embryo zu, zwei kleine keilförmige, nach aussen spitze, nach innen stumpfere Wülste gebildet, welche in gewisser Weise der Anlage nach den nachfolgenden Platten-Extremitäten des Schwanztheils gleichen, doch aber wohl keinerlei Anspruch auf Gleichsetzung mit diesen erheben können. Diese beiden Wülste bilden in ihrer späteren Ausgestaltung die Unterlippe, welche von hinten her den Raum der Kauwerkzeuge abschliesst und vervollständigt. Wir werden noch weiterhin umständlich von diesen Theilen zu sprechen haben.

Die beiden Extremitäten-Paare des Schwanztheils zeigen ebenfalls eine Fortbildung. Sie haben sich mehr der Plattengestalt genähert und ihr freier Rand ist mehrfach eingebuchtet, gleichsam als stellten diese Einbuchtungen den letzten Rest einer ursprünglichen Gliederung dar. Sie liegen noch schräger, als in dem früheren Stadium, was aber wohl mit der Gesammtlagerung des Schwanztheils in Zusammenhang zu bringen ist. Derselbe zeigt nämlich jetzt auf das Allerdeutlichste die Zahl von 7 Segmenten, aus denen er zusammengesetzt ist; da er aber gerundet ist, und nach innen herumgebogen, so bilden diese Segmente keine gleichmässigen Zonen, sondern allmählich sich verkleinernde Dotterwülste, die von gemeinsamen Wandungen eingeschlossen werden.

Ausser den bisher erwähnten Eigenthümlichkeiten dieses Stadiums ist denn nun auch Einiges mitzutheilen über die Anlage des Nervensystems, so weit die unvollkommenen Untersuchungen an Spiritus-Exemplaren derlei Mittheilungen möglich erscheinen lassen. Wie zu erwarten stand, legen sich Ganglien jederseits von der Mittellinie zwischen dieser und den Insertionen der Extremitäten an, — der im erwachsenen Thier vorhandene Schlundring, aus dem die Nerven für die 6 Paar Kopf-Extremitäten hervorgehen, entsteht also in normaler Weise als gewöhnliche Bauch-Ganglienkette. Aber durch die Lage der Mundöffnung, welche aufzufinden ziemlich schwierig war, wird eine grosse Anomalie gegenüber den übrigen Crustaceen hergestellt. Bei allen Krustern empfangen nämlich die beiden vorderen Extremitäten-Paare ihre Nerven aus dem oberen Schlundganglion, erst die Mandibeln, als drittes Paar, werden von dem unteren Schlundganglion versorgt. Bei Limulus aber wird nur das vorderste Paar der Gliedmaassen von dem oberen Schlundganglion versorgt, die übrigen empfangen ihre Nerven aus der Bauchganglienkette. Dies Verhältniss, welches das Verständ-

Digitized by Google

niss der Homologieen ausserordentlich erschwert, — ja in gewisser Weise vorläufig noch illusorisch macht, — wäre nur durch die genauste Beobachtung am Embryo zu constatiren, — allein eben da wird es, wenigstens bei meinen Untersuchungsobjecten, sehr schwierig. Nun findet sich zwar oberhalb des ersten Gliedmaassen-Paares noch eine nicht unbeträchtliche Verlängerung der Ganglienkette, — wenigstens lässt der äussere Anschein bei der Beobachtung keinen Unterschied zwischen beiden Abschnitten erkennen, — und sogar eine Verbreiterung, wie man sie nach allen Analogieen von dem oberen Schlundganglion erwarten konnte, allein wie von da und von den übrigen Ganglien die Nerven abgehen, das zu beobachten ist an den Spiritus-Präparaten leider unmöglich. Die Mundöffnung glaube ich an einem Embryo genau zwischen der Insertion des zweiten Extremitäten-Paares wahrgenommen zu haben, die Abbildung (Taf. XIV. Fig. 2 *m*) deutet dies Verhältniss in sehr bestimmter Wiedergabe an. Was dann die Ausdehnung der Ganglienkette nach hinten zu angeht, so erlauben die Präparate auch da keine klare Beobachtung; es scheint allerdings, dass, wie es von vornherein zu vermuthen steht, zwischen den beiden Platten-Extremitäten eine weitere Ganglienbildung statthat, — aber da es nicht deutlich zu machen ist, so müssen wir es vorläufig auf sich beruhen lassen.

Indem wir nun zu einem nächsten Stadium übergehen, erkennen wir sofort einen bedeutenden Schritt weiter zur Realisation der eigentlichen Limulus-Gestalt. Der Embryo ist nun ganz frei innerhalb des ausserordentlich ausgedehnten Chorions und flottirt darin, wenn man die Kugel umrollt. Die beiden Hauptabschnitte des Körpers, Kopf- und Schwanztheil, sind deutlich von einander geschieden, der letztere hat sich etwas nach oben geklappt, so dass man seine Unterseite erkennen kann. Von dem Schwanzstachel ist noch keine Spur wahrzunehmen.

Der Kopftheil, — um von diesem zuerst zu sprechen, — hat sich zu einem, von unten gesehen, breiten Schilde ausgebildet. Seine Ränder sind stark gerundet, sein Hinterrand ist ziemlich gerade abgestutzt. Die Oberseite — der Rücken — ist vollkommen halbkuglig gewölbt. Sein Innenraum ist völlig mit Dottermasse erfüllt. Dieser Dotter lässt nachfolgende Vertheilung erkennen: Von oben, d. h. vom Rücken gesehen, nimmt man vor Allem eine bilaterale Symmetrie wahr. Sie ist besonders deutlich am Vorderrande, wo die ganze Dottermasse durch eine halbkreisrunde Einbuchtung des Kopfschildes getheilt ist. Diese Theilung setzt sich an der Oberfläche des Dotters bis an den hinteren Rand des Kopfschildes fort, — es bildet sich hier später das lange Rückengefäss aus. Zu beiden Seiten dieser Furche erkennt man 6 quere, lappenartige Theilungen der Dottermasse, — die letzten Andeutungen

der ursprünglichen Zonenbildung. Jetzt liegen sie aber nicht mehr parallel, sondern die drei vorderen sind radienartig von der Mitte des Kopfschildes nach vorn gerichtet. Auch sind diese vorderen Dotterlappen an ihren blinden Enden wieder in mehrere secundäre Lappen gespalten, — sie bereiten sich vor, aus sich die Verästlungen der zahlreichen, den Innenraum des Kopfschildes durchziehenden Leberschläuche zu bilden. Auf der Unterseite erkennt man die Theilung der Dotterlappen noch leichter, sie ist hier noch mannichfaltiger.

Sehr wichtig ist eine Neubildung, die man nach dem Rücken des Kopftheiles wahrnehmen kann. Es findet sich nämlich dicht unter der Wandung über den Spitzen der drittletzten Dotterlappen jederseits ein schwarzer Pigmentfleck, von länglicher Form, etwa dreimal so lang als breit. Ebenso ist in der Mittellinie, dicht hinter der halbkreisrunden Einbuchtung zwischen den dort befindlichen Dotterlappen ein dritter schwarzer Pigmentfleck zu erkennen. Wir haben es hier natürlich mit der Anlage der seitlichen grösseren und der beiden centralen kleineren Augen zu thun.

Auch in dem Schwanztheil zeigt sich die Dottermasse in 7 aufeinander folgende, in der Mitte durch eine auf der Rückenseite verlaufende Furche geschiedene Wülste getheilt, damit gleichfalls die ursprüngliche Segmentzahl andeutend.

Was dann die Extremitäten anlangt, so ist jetzt schon die Gliederung und Scheerenbildung vollkommen deutlich erkennbar, wenn auch nicht bis zur völligen Ausbildung gelangt; die Beine sind auseinandergefaltet und ragen fast überall über den Rand des Kopftheils hinweg. Wie es zu erwarten stand, sind auch jetzt die Grössenverhältnisse ins Definitive übergetreten. Das erste Paar ist wesentlich kleiner, als die übrigen und ist mit seiner Insertion fast ganz in die Mitte gerückt. Ihm gegenüber, am hinteren Ende des Kopftheils, sieht man die beiden kleinen Platten, welche die Unterlippe darstellen, jetzt noch mit ihren Spitzen nach hinten und aussen gerichtet, aber doch auch schon mehr in der Form, welche sie später definitiv einnehmen sollen.

Wenn somit die beiden Bildungen, welche vorn und hinten den Kauraum einschliessen, noch nicht zur völligen Reife gediehen sind, so fehlen auch an den Hüfttheilen der dazwischen liegenden Extremitäten noch die Zähne und Zacken, welche bei dem in der Gestalt ausgebildeten Thiere die wesentlichsten Kauorgane herstellen. Von der Mundöffnung ist jetzt gar nichts mehr zu sehen, offenbar weil die Oberlippe, deren gesonderte Wahrnehmung freilich in diesem wie in den vorhergehenden Stadien nicht möglich war, sich darüber ausdehnt, und unter sich den Eingang in den Vorderdarm verdeckt.

Von den Ganglien ist an Embryonen dieses Stadium nichts mehr von der Fläche her wahrzunehmen, und alle Schnitte, die ich machte, um aufs Klare zu kommen, misslangen wegen zu geringer Consistenz der embryonalen Gewebe.

Sehr bedeutende Fortschritte haben auch die beiden bis jetzt allein vorhandenen Plattenpaare des Schwanztheiles gemacht. Beide sind in ihrer Gestalt als Platten vollkommen ausgebildet, auch ist an ihrer innern Seite der kleine, meist als innerer Ast betrachtete Anhang deutlich zu erkennen. (Taf. XIV. Fig. 3.)

Wenn wir nun wieder einen Schritt weiter thun, so kommen wir an ein Stadium, welches sich bereits von der Umhüllung der Chorion befreit hat. Auch ist eine Cuticula, welche auf der vorigen Stufe den ganzen Embryo, sowie auch die einzelnen Extremitäten umhüllte, bereits entfernt, und wir erkennen wieder einen wesentlichen Schritt weiter zur Erlangung der endgültigen Gestalt. Das Stadium, welches wir jetzt betrachten wollen, können wir am besten und bezeichnendsten das Trilobiten-Stadium benennen, wodurch zu gleicher Zeit ausgedrückt ist, ein wie hohes Interesse wir daran zu nehmen haben. Die Dimensionen der Larve, — denn so müssen wir das Thier nach dem Verlassen des Chorion folgerichtigerweise nennen, — sind: in der Länge 3 Millim., von denen der Kopftheil die grössere Hälfte einnimmt, grösste Breite des Kopfschildes am Hinterrande 2,8 Millim., Breite des Schwanztheils 2,2 Mm. (Taf. XIV. Fig. 4.)

Als wesentlichste Neuerung tritt uns die Gestaltung des Kopfschildes entgegen. Hier ist keine Spur mehr von der ursprünglichen Composition aus 6 Zonen oder Ringen, sondern ein gemeinsames Ganze, dessen Conformation am besten auf dem Querschnitte zu studiren ist. Da kann man nämlich mit Leichtigkeit einen centralen und zwei seitliche Abschnitte unterscheiden. Der centrale erhebt sich leistenförmig in der Mittellinie und fällt nach beiden Seiten in ziemlich starker Senkung ab; die seitlichen Theile setzen sich daran, anfänglich ziemlich horizontal, dann bilden auch sie eine Leiste und fallen jenseits derselben ziemlich schräg gegen den Aussenrand zu ab (Taf. XV. Fig. 12). Der Kiel des centralen Theils beugt sich in ziemlich starker Krümmung gegen den Vorderrand zu; die Leiste der beiden seitlichen Stücke geht mit stärkerer Krümmung als der Aussenrand des ganzen Kopfschildes um den Centraltheil herum; wo sie mit dem Centralkiel nah am Vorderrande zusammentrifft, liegt der centrale Pigmentfleck mit den beiden noch weiter zu besprechenden centralen Augen. Auf halbem Laufe dagegen tragen diese seitlichen Leisten eine kleine Wölbung, in welcher die Pigment-

Masse und die lichtbrechenden Theile der grösseren seitlichen Augen belegen sind.

Das Kopfschild ragt seitlich und vorn ziemlich weit nach unten vor, so dass es die sämmtlichen Extremitäten, welche gewöhnlich zusammengebogen sind, von oben her wie von den Seiten völlig bedeckt. Der Aussenrand ist mit mehrfachen Cuticular-Anhängen versehen, über die aber erst bei der Besprechung des nächsten, des eigentlichen Limulus-Stadiums nähere Angaben gebracht werden sollen.

Der Schwanztheil hat fast noch beträchtlichere Veränderungen aufzuweisen. Deutlich erkennt man jetzt, dass er aus 8 Segmenten besteht, deren jedes wiederum in einen Centraltheil und zwei Leistentheilen sich ändert. Sämmtliche Centraltheile bilden zusammen ein Gegenstück zu dem Centraltheil des Kopfschildes: mit breiter Basis beginnend, verengern sie sich bis zu der Spitze des Schwanztheils, welche in einer Verlängerung des centralen Kiels besteht, der über alle Segmente sich hinzieht. Während aber am Kopfschild keinerlei Segmente mehr erkennbar sind, sieht man am Schwanztheil die Segmentgrenzen als zarte Linien über den Kiel herüberziehen, ja an den letzten beiden Segmenten bildet der Kiel kleine Vorsprünge, die ein wenig über die Basis der folgenden Segmente wegragen. Der Centraltheil ist gleichfalls über die Seitentheile erhoben. Diese letzteren sind nach unten und hinten gebogen, und zwar ist jedes folgende Segment stärker nach hinten gerichtet, als das vorhergehende, so dass das letzte fast die ganze jetzt bereits bestehende Anlage des Schwanzstachels einschliesst. Die einzelnen Segmente verbreitern sich gegen den Aussenrand hin, der Aussenrand selbst ist gezähnt, dicht hinter einer äussersten Kante, die wie ein scharfer Zahn vorspringt, befindet sich jederseits ein beweglicher Dorn. Nur am ersten und am achten Segment fehlen diese Dornen. Das erste Segment hat weiterhin die Eigenthümlichkeit, dass sein Centraltheil nicht mehr deutlich erkennbar ist, da derselbe in die Einsenkung trifft, welche zwischen Kopfschild und Schwanztheil besteht, — eine Einsenkung, welche durch die später zu berührenden Ortsbewegungen des Limulus bedingt wird. Ebenso ist auch die Grösse der Seitentheile dieses Segments geringer, — wie es auch später gegenüber den andern Segmenten eine grössere Selbständigkeit beobachtet.

Zwischen den Seitentheilen des achten Segments endlich findet sich die erste bestimmte Anlage des Schwanzstachels. Wahrscheinlich haben wir in ihm ein neuntes, wenn nicht noch mehr Segmente, zu erblicken. Der Kiel der Centraltheile aller übrigen Segmente setzt sich

auch auf ihn fort, aber er ragt noch nicht so bedeutend vor den übrigen Segmenten nach hinten zu vor.

Die Unterseite des ganzen Schwanztheils ist ebenso gewölbt, wie die des Kopfschildes, so dass die an ihm befindlichen Extremitäten gleichfalls vollkommen bedeckt und geschützt sind.

Was nun die sämmtlichen Extremitäten selbst anlangt, so haben wir es jetzt, — abgesehen von der Zahl, — im Wesentlichen bereits mit der Gestaltung zu thun, wie wir sie bei dem ausgewachsenen Limulus antreffen. So sind besonders die des Kopftheils so gut wie gar nicht davon unterschieden, abgesehen davon, dass sie noch vollständig durchsichtig sind, und dass die Zähne und Stacheln an den Hüftstücken weniger zahlreich sind. Auch ist der sexuelle Unterschied, der sich an der zweiten Extremität daran bemerklich macht, dass dieselbe beim Männchen keine Scheere trägt, jetzt noch keineswegs erkennbar, denn bei allen Embryonen und Larven, unter denen sicher ein gut Theil Männchen sind, trägt das zweite Extremitäten-Paar seine Scheere so gut wie alle übrigen. Nur an dem sechsten Paare gewahrt man geringfügige Verschiedenheiten, insofern die Scheere, welche auch hier besteht, im Verhältniss zu den später sie umgebenden Stacheln, noch ziemlich gross ist.

Abweichender gestalten sich in Etwas die Extremitäten des Schwanztheils. Ursprünglich offenbar nach einem Typus gebaut und zu denselben Functionen verwandt, haben sie ihre Gestalt etwas differenzirt, als die Functionen sich schieden. Das erste Paar trägt bekanntlich bei dem erwachsenen Limulus keine Branchialplatten, sondern dient einmal als Deckplatte für die übrigen 5 Paare, dann aber trägt er auf seiner nach innen gekehrten Fläche die Mündung der Geschlechtsorgane. Durch beide Thätigkeiten hat es sich einigermaassen geändert in seiner Gestalt. Beim ausgewachsenen Thiere sind die beiden Extremitäten in der Mitte zu einem Stücke verschmolzen, so dass sie aufhören, gesondert bewegt zu werden. Im Embryo sind sie anfänglich natürlich vollständig getrennt, und noch in der Larve, ja sogar noch wenn die endgültige Limulus-Gestalt schon angenommen ist, erkennt man in der Mittellinie sehr deutlich die ursprüngliche Trennungslinie. Die Grundform nun, aus der bei dem Embryo sowohl dies erste, als die darauf folgenden Plattenpaare sich aufbauen, ist eine nach hinten und aussen abgerundete Platte, die mit breiter Basis der Unterseite des Schwanztheils eingefügt ist, und an der inneren Kante einen kleinen, platten, schmalen und nach aussen gekrümmten Fortsatz trägt. Aus diesen beiden Elementen entstehen durch Gliederung resp. Verwachsung die Deckelplatten und die kiementragenden Platten. Die äussere grosse

Scheibe zerfällt in 4 Abschnitte, die sich durch ebensoviele grade querüberlaufende Beugungslinien von einander sondern lassen. Die Grössenverhältnisse dieser Abschnitte sind ursprünglich die folgenden: der Basalabschnitt ist der kleinste, der auf ihn folgende ist kaum grösser, — beide zusammen sind die Träger der anfänglich nur aus 5 Blättern bestehenden eigentlichen Kiemen. Der dritte Abschnitt ist der grösste, der vierte etwas kleiner, so gross wie der erste und zweite zusammengenommen. Bei dem ersten Plattenpaare überwiegt dieser letzte Abschnitt indess bedeutend an Grösse alle übrigen; und der Randabschnitt verändert sich bei den Kiementrägern weiterhin wesentlich, je mehr Kiemenblätter von ihm aus sich bei den späteren Häutungen erzeugen.

Worin übrigens am meisten die Larven von den fertigen Thieren abweichen, ist nicht sowohl die Gestalt als vielmehr die Zahl der Platten. Ausser den Deckelplatten besitzt der Limulus noch fünf kiementragende Platten. Bei der Larve, welche das Trilobiten-Stadium repräsentirt, finden sich aber nur zwei vorgeschrittenere und ein drittes eben angelegtes Plattenpaar; bei dem jüngsten Limulus-Stadium ist dies dritte Paar auch schon weiter entwickelt und ein viertes angelegt. Die weitere Entwicklung der vorgeschrittenen Form macht sich am wesentlichsten kenntlich durch Erzeugung und Vermehrung der eigentlichen, an der Rückseite der Basalabschnitte auftretenden Kiemenblätter.

Der kleine innere Anhang der Platten wird an dem Deckelplattenpaar spitzig und fast rudimentär. Bei den nachfolgenden gliedert er sich in drei Abschnitte, deren erster sich an den dritten Abschnitt der grossen Scheibe anfügt. Zwischen ihnen erscheint bei allen Plattenpaaren ein medianer, spitzer, zipfelartiger Fortsatz des verwachsenen Theils der Platten. Nur bei dem Deckelplattenpaare fehlt dieser Zipfel, weil da die Verwachsung sich sogar auf die inneren Anhänge selbst erstreckt.

Betrachten wir nun die Veränderungen, welche mit der äusseren Gestalt unserer Larven vor sich gehen, wenn sie nun schliesslich in die definitive Limulus-Form übergehen. Ich halte mich dabei an ein Exemplar, welches einschliesslich des Schwanzstachels 6 Millim. in der Länge, 4,5 Millim. in der grössten Breite des Kopfschildes misst.

Am Kopfschilde selbst haben wir als wichtigste Veränderung der ganzen Form die Bildung eines breiteren, abgeplatteten Vorderrandes zu erkennen, dessen äussere Kante leicht nach oben aufgebogen ist und jedenfalls dem Thiere seine eigenthümliche, schaufelnde Bewegung wesentlich erleichtert. Ausserdem tritt der Centralkiel und die seitlichen

Digitized by Google

Leisten sehr viel schärfer hervor, und an der Stelle, wo die mittleren Augen sich befinden, erhebt sich ein kleiner Höcker.

Viel bedeutender sind die Umwandlungen des Schwanztheiles, den wir jetzt ebensogut das Schwanzschild nennen können. Die noch in dem vorigen Stadium sehr deutliche Segmentirung ist fast vollständig geschwunden, — nur das erste Segment lässt noch eine gewisse Selbständigkeit erkennen. Die übrigen sind zu einem gemeinsamen, in sich nicht weiter beweglichen Schilde verschmolzen, welches ähnlich wie das Kopfschild am Vorderrande so am Hinter- und besonders an den Seitenrändern abgeplattet ist. Diese eigenthümliche Abplattung werden wir als aus der Lebensweise der Thiere hervorgegangen, nachher leicht einsehen lassen. Das Schwanzschild ist nicht mehr so gerundet, wie es im vorigen Stadium war, vielmehr ist der mittlere Kiel stärker hervorragend, und an den Seiten ist die bereits erwähnte Abplattung auch auf der Oberseite spürbar. Die Seitenränder sind auch weniger gerundet, im Ganzen weniger schräge geworden. Die beweglichen Dornen, welche an den Hinterwinkeln der einzelnen Segmente sassen, befinden sich auch noch an derselben Stelle, nur in so weit verschieden, als der Rand jetzt wie ein Ganzes erscheint, das sägeförmig ausgezackt ist; in dem Boden der Zacken stehen jetzt die Dornen.

Von dem centralen Kiele fallen die Seitentheile, wie gesagt, schräg nach unten ab, — mit Ausnahme des ersten, mehr selbständigen Segments. Dieses erhebt sich nämlich an den Seiten flügelartig, sein Aussenrand biegt sich sogar höher hinauf als der Centraltheil, und mit einer geschwungenen Linie bildet er eine Fortsetzung der stark erhabenen Leiste des Seitentheils des Kopfschildes. Auch diese auffallende Bildung dürfte durch Betrachtung der Lebensweise des Limulus verständlich werden.

In dem hinteren Ausschnitt des Schwanzschildes lenkt sich nun der endlich frei und vollständig gewordene Schwanzstachel ein. Er ist jetzt noch nicht so lang wie die Längsaxe des Centraltheils des Schwanzschildes.

So weit lässt sich an dem mir vorliegenden Materiale die Entwicklung der äusseren Gestaltung des Limulus verfolgen. Um zu einigen Einblicken in die Bildung der inneren Organe und der feineren histologischen Differenzirung zu gelangen, griff ich zu dem Mittel, Längs- und Querschnitte anzufertigen. Dieselben gelangen einigermaassen nur bei den beiden letzten Stadien, dem Trilobiten- und dem eigentlichen Limulus-Stadium. In denselben beobachtete ich Nachfolgendes.

Der Darm setzt sich wie gewöhnlich aus Vorder-, Mittel- und

Hinterdarm zusammen (Taf. XV. Fig. 10). Die Mundöffnung erkennt man an den Längsschnitten unterhalb des zweiten Extremitätenpaares; man begreift dann auch, dass sie von der Bauchfläche aus nicht sichtbar zu machen ist, weil die Oberlippe sie gänzlich verdeckt. Der Oesophagus steigt nur ganz gering an, begiebt sich nach vorn und bildet dort eine grössere Höhlung, welche aber von den Wandungen aus wiederum durch Vorsprünge in kleinere Abtheilungen getheilt wird und so den complicirten Magen bildet, welchen wir am ausgebildeten Thiere kennen. Auf dem Querschnitt sind diese Vorsprünge am besten zu erkennen, denn durch sie wird das Lumen vollkommen sternförmig. Die Verbindung des Mitteldarms mit dem Vorderdarm geht mit einer Intussusceptio des letzteren in den ersteren von Statten, — die histologische Verbindung ist nicht näher erkennbar. Der Mitteldarm ist am breitesten an der Aufnahmestelle des Vorderdarms, er geht fast cylindrisch bis über die halbe Länge des Schwanzschildes und verbindet sich dort in gleichfalls nicht weiter erkennbarer Weise mit dem Hinterdarm, der an der Wurzel des Schwanzstachels eine fast kreisrunde, deutlich erkennbare Afteröffnung zeigt. Nicht uninteressant war es mir, in dem Mitteldarme noch die deutlich erkennbaren Reste eines Copepoden zu finden, der, wie es scheint, zur Familie der Corycäiden gehört hat, — es beweist dieser Fund, dass Limulus seine Nahrung nicht so vollständig zur Unkenntlichkeit zermalmt, wie es von anderer Seite behauptet wird.

An dem Längsschnitt kann man nun auch sehen, wie die ursprüngliche Anlage der Ganglien allmählich zu der ringförmigen Gestalt sich zusammendrängt, mit der sie am erwachsenen Thiere auftritt. Freilich ist es nicht möglich, diesen Vorgang genau zu verfolgen, — aber man erkennt doch den allmählichen Process des Zusammendrängens. In dem letzten Stadium, das hier besprochen werden kann, ragt die Oberlippe und mit ihr die Mundöffnung schon bis an das dritte Bauchganglion, — die vorhergehenden zwei sind also schon zu Seitentheilen des später sich bildenden Ringes geworden. Das obere, oder hier richtiger das vordere Schlundganglion ist bei weitem das grösste; seine histologische Composition wie auch die der übrigen Ganglien scheint aus zwei verschiedenartigen Theilen zu bestehen, die wir hier freilich nur als helle und dunklere Masse unterscheiden können. Erstere wird von letzterer umgeben. An den eigentlichen Bauchganglien bemerkt man gleichfalls diese beiden Substanzen; die hellere bildet auf der Oberseite eine dünne zusammenhängende Schicht, die dunklere auf der Unterseite; beide greifen mit abgerundeten längeren Fortsätzen in einander wie Zahn und Trieb, — wobei noch zu bemerken, dass nach vorn

zu eine wesentliche Verkleinerung statt hat, so dass das erste Bauchganglion fast ganz verschwindet. Wie sich hinter dem sechsten Bauchganglion die weitere Beschaffenheit des Nervensystems darstellt, ist wiederum nicht ergründlich.

Zwischen Mitteldarm und Nervensystem findet sich aber noch ein Raum, der von einem eigenthümlichen Gebilde eingenommen wird. Es ist eine Sehnenscheibe, — (»lame aponeurotique« Van der Hoeven's) — welche den meisten Muskeln sowohl des Kopf- als auch des Schwanzschildes zum Ansatzpunkt dient (Taf. XV. Fig. 12 *pl*). Welcher Art ihre histologische Composition ist, giebt uns weder Van der Hoeven noch der die Histologie ausführlicher behandelnde Aufsatz Gegenbaur's an, (»Anatomische Untersuchung eines Limulus mit besonderer Berücksichtigung der Gewebe 1858«). — Dass sie nicht von derselben knorpelartigen Beschaffenheit ist, wie die nachher zu erwähnenden Kiemenstützen, scheint aus der sehr deutlich erkennbaren Structur dieser letzteren hervorzugehen.

Ueber dem Mitteldarm findet sich das sehr umfangreiche Rückengefäss, das vorn über dem Magen sich theilt, nach hinten zu aber bis an das Ende des Mitteldarms verläuft. Von den andern Gefässen ist mit Deutlichkeit nichts wahrzunehmen. Nur Eins kann ich der ziemlich ausführlichen Beschreibung Gegenbaur's noch hinzusetzen: die Existenz eines grossen Randgefässes im Kopfschilde. Am lebenden Thiere, würde man der Durchsichtigkeit halber bestimmen können, ob dies Gefäss ein Sammelplatz venösen oder ein Vertheilungsbezirk für arterielles Blut ist, — nach Analogie mit andern Krustern möchte man geneigt sein, es lieber für einen Sammelplatz verbrauchten arteriellen Blutes zu halten, welches von allen Seiten her aus dem grossen Kopfschilde in dies Randgefäss zusammenliefe. Ueber Vorhandensein von discreten Wandungen kann ich nichts ermitteln.

Interessanter als diese spärlichen Angaben sind die Notizen, welche in Bezug auf die Muskulatur und ihre Insertion zu geben sind. Von hier aus werden wir nämlich am besten im Stande sein, die Geschichte der Umwandlung der Trilobiten-Vorfahren in den heutigen Limulus zu verstehen. Van der Hoeven hat zwar im Wesentlichen das ganze Muskelsystem beschrieben, allein über die allmähliche Ausbildung findet sich nichts bei ihm. Bekannt ist, dass sich im Schwanzschilde je 6 Apophysen des Rückenpanzers nach innen begeben, und dass diese der Muskulatur zum Ansatz dienen. Im jugendlichen, besonders im Trilobiten-Stadium erkennt man nun deutlich, welcher muskulösen Einwirkung diese 6 oder vielmehr 7, — denn man muss die an der Grenze zwischen Kopf- und Schwanzschild den letzteren auch noch

zurechnen — Apophysen ihre Entstehung verdanken. Gewöhnlich hält man dafür, dass sie den Kiemenmuskeln hauptsächlich zum Ansatz dienen, — das ist aber nicht richtig. In der Hauptsache ist es, wie VAN DER HOEVEN auch angiebt, die Muskulatur, welche von der im Kopfschilde über dem Nervensysteme gelegenen Sehnenscheibe abgeht, und die sich im Schwanzschilde in eben so viele Bündel spaltet als Apophysen, d. h. mit andern Worten, als Segmente ursprünglich in die Bildung des Schwanzgebildes eingegangen sind. Durch diese Muskulatur und ihre Richtung ist auch die Richtung der Apophysen bedingt, die, wie die Abbildung lehrt, je weiter nach hinten entspringend, desto entschiedener nach vorn gekrümmt sind, so dass die gesammte Contraction des grossen Muskels an jeder einzelnen Apophyse einen mächtigen Zug ausüben und das ganze Schwanzschild gegen das Kopfschild stark beugen wird. Wir werden nachher bei der Schilderung der Lebensweise des Limulus erkennen, von welcher Bedeutung diese Muskelaction für die Thiere ist.

Es steht nicht anders zu erwarten, als dass dieser kräftigen Muskelgruppe ein ebenso kräftiger Antagonist Widerpart halten wird. Und so sehen wir auch in der That von dem Centraltheil des Kopfschildes und besonders von den auch hier nach innen entwickelten, aber als zusammenhängende Leisten erscheinenden Apophysen an der Verbindungsstelle des Centraltheiles mit den Seitentheilen des Kopfschildes eine grosse Zahl von Muskelbündeln entspringen, die sich alle convergirend an eine starke von dem Vorderrande des Schwanzschildes unter den Hinterrand des Kopfschildes vorragende Leiste ansetzen und durch ihre Contraction die Beugung des Schwanzschildes aufheben und in eine Streckung verwandeln werden.

Neben diesen beiden hauptsächlichsten Muskelbezirken haben wir dann die der Extremitäten zu betrachten, wobei uns wesentlich nur die der Hüftstücke, als in directem Zusammenhang mit der Ausbildung der äusseren Körpergestalt stehend interessiren. Hier haben wir sowohl Muskeln, die sich an die Sehnenscheibe, wie solche, die sich an die Apophysen des Kopfschildes ansetzen. Sie sind Beuger und Strecker und bewegen das Hüftstück sowohl um seine Quer- als um seine Längsaxe. Für die Plattenpaare des Schwanzschildes ist als allgemeineres Resultat von Interesse, dass die Apophysen der Rückenseite nur in sehr secundärer Weise zu Stützpunkten ihrer Muskeln werden, während neben ihnen die Hauptmuskeln sich direct an die Rückenseite ansetzen.

Von anderweitigem Interesse ist die Bildung jener knorpelartigen Stränge, welche zuerst und ziemlich ausführlich von GEGENBAUR (a. a. O.

Digitized by Google

p. 12 ff.) beschrieben werden. Sie entstehen als eine auf dem Längsschnitt doppelte Zellschicht im Innern der Plattenpaare. Eine solche Platte legt sich aber aus 5—7 solcher Zellschichten an; die äusserste wird zur eigentlichen Wandung, welche die Cuticula ausscheidet, die übrigen wachsen mannichfaltig aus in die verbindenden Bälkchen, jene typischen Bildungen aller Crustaceen-Kiemen, oder schieben sich bei weiterer Entwicklung in die Reihe der äusseren Schichten ein, nur die beiden mittleren Schichten bleiben an einander vorläufig unverändert liegen, nähern sich zwar der vorderen Wandung der Platte, scheinen aber doch nur an der Spitze in bestimmtere, gewebliche Verbindung mit demselben zu treten, ragen aber weit hinein in die Höhlung des Schwanzschildes, wo sie aussen von den bereits mehrfach besprochenen Apophysen der Rückenfläche ein Ende nahmen. Auf den Querschnitten, die durch das Schwanzschild geführt werden, erkennt man dann, dass von oben nach unten diese knorpelartigen Stränge sich verbreitern, dass aber, während sie oben vielleicht nur die Breite von 2—3 Zellen haben, sie unten 7—10 besitzen (Taf. XV. Fig. 6, 7 *d*; 10, 13 *k*; 14). Kehren wir aber wieder zu dem Längsschnitt zurück, so sehen wir, wie bei weiter vorgeschrittenen Plattenpaaren zwischen Knorpelstrang und die Wandungen der dazu gehörigen Platte starke Muskelbündel sich gedrängt haben, welche sich an sie von beiden Seiten ansetzen und antagonistisch abduciren und adduciren. In jeder der Zellen erkennt man einen Kern; die Zellen sind aber sehr ungleich in Grösse und Gestalt, auf den Schnitten in Canadabalsam und Glycerin erscheinen sie etwas bläulich. Aus dieser Darstellung geht hervor, dass jede der Knorpelkapseln, die noch so viele Tochterzellen enthalten mag, einer dieser ursprünglichen Zellen entsprochen haben muss.

Bei der Bildung der Kiemenblätter macht sich innerhalb der Innenwand der betreffenden Platte eine Wucherung und Faltenbildung der Matrix geltend, so dass die sämmtlichen bei der nächsten Häutung entstehenden Kiemenblätter hier als ebensoviele Falten der Plattenwandung vorgebildet sind. Die einander gegenüberliegenden Wandungen der einzelnen Blätter senden dann Fortsätze aus, und so entsteht das bekannte Kiemen-Gitterwerk.

Eine auffallende Bildung ist fernerhin an den Plattenpaaren zu registriren. Wie die Abbildungen (Taf. XV. Fig. 5—8) erläutern, bestehen sie ursprünglich aus einer einfachen Blase, welche an dem untern, innern Winkel einen kleinen Anhang haben. Allmählich macht sich eine Gliederung und eine basale Verwachsung bemerkbar. Der grössere, blasenförmige Abschnitt erhält vier Einbuchtungen, welche ebenso vielen Querlinien entsprechen, die mehr oder weniger vollständig die ganze Breite des

Anhanges durchziehen, und so eine Art von Gliederung herstellen. An der Innenseite des so entstandenen dritten Gliedes lenkt sich dann der ursprüngliche Anhang ein, der nun auch seinerseits in drei Glieder getheilt erscheint. Zwischen den beiden Anhängen beider Platten macht sich dann ein allmählich immer weiter sich ausdehnender, durch Verwachsung der basalen Theile der Innenränder entstandener spitzer Fortsatz geltend. Die Ränder der so entwickelten Platten sind mit Haaren dicht besetzt, ja auch auf der Wandung finden sich dünner stehende. Nun zeigt sich aber eine sonderbare Bildung auf dem dritten Gliede des äusseren, grösseren Abschnittes der Platte, — nämlich ein Oval, das von einer scharfen doppelten Contur umgeben, dunkler gefärbt als der übrige Theil der Platte, aber ebenfalls mit ausgewachsenen Querbälkchen versehen ist (Fig. 6 u. 7 *a*). Mir ist bis jetzt unerfindlich, wozu dies Gebilde dient. Dass es aber von Bedeutung sein muss, erkennt man aus dem weiter entwickelten zweiten Plattenpaare, wo ein ähnliches Oval in dem letzten Gliede des grösseren Abschnittes auftritt, mit dem Unterschiede jedoch, dass während das Eine in der äusseren Wandung der Platten liegt, das Andere sich in der inneren vorfindet. Die Kiemenplatten befinden sich an dem ersten und zweiten Gliede der Platte inserirt, so zwar, dass die Zunahme immer an dem ersten Gliede erfolgt, das sich dann auch weiterhin in immer mehr gliederartige Abschnitte zu theilen genöthigt ist.

Die Muskulatur zur Bewegung der Plattenpaare senkt sich bis in das Basalglied des inneren dreigliedrigen Anhangs; dagegen erkennt man den knorpelartigen Strang nur bis zur Grenzlinie des zweiten und dritten Gliedes des grösseren äusseren Abschnittes, woselbst er von den Muskeln umgeben wird, sich aber mit der Aussenwandung der Platten in näherer Weise zu verbinden scheint.

Abweichend in Function und Structur ist, wie schon erwähnt und auch ohne das längst bekannt, das erste Plattenpaar (Fig. 5). Es ist das grösste und bedeckt die übrigen von unten her. In dem jungen L i m u l u s ist es eben so durchsichtig wie die anderen Plattenpaare auch, trägt aber eine stärkere Behaarung auf der Aussenseite der Wandungen.

Der Anhang stellt hier nicht mehr einen so bedeutend entwickelten Theil dar, ist nicht mehr dreigliedrig, vielmehr sind die sonst vorhandenen beiden Endglieder hier in eine kleine, geringfügige Spitze verwandelt, an der man die rudimentäre Natur des Gebildes besonders wahrnehmen kann. Die Platten sind bereits mit einander am Innenrande eng verbunden, doch ist noch ein ziemlich langer Spalt vorhanden, der erst später verschwinden mag. Das Grössenverhältniss der einzelnen Glieder des hier fast ausschliesslich bestehenden, äusseren

Theils ist auch von dem der übrigen Plattenpaare unterschieden, denn das letzte Glied ist fast ebenso gross wie die übrigen zusammengenommen.

Da die Extremitäten des Kopftheils fast gar nicht von denen des erwachsenen Thieres unterschieden sind, uns also wesentlich nur in morphologischer Hinsicht bezüglich der Homologie-Bestimmung von Interesse sind, so übergehen wir hier ihre nähere Betrachtung und enden die Darstellung unserer nur fragmentarischen Untersuchung mit dem Hinweis auf einige Cuticularbildungen des Kopfschildes.

Fassen wir den Rand dieses Körpertheiles näher ins Auge, so zeigen sich mancherlei Cuticular-Anhänge an demselben (Taf. XV. Fig. 16). Die gewöhnlichsten sind natürlich Haare. Deren finden wir zwei Arten, die sich eigentlich nur der Grösse nach unterscheiden. Nicht ohne Bedeutung ist die Richtung derselben; man sieht sie nämlich sich von beiden Seiten der Mittellinie nach hinten und aussen lagern, sie stehen nicht nach vorn vor oder aufrecht. Interessanter aber als diese Gebilde sind andere. Der Vorderrand des Kopfschildes erscheint mit sonderbaren napfartigen Gruben ausgerüstet, die durch einen langen Canal in directe Verbindung mit dem Innenraum des Schildes zu treten scheinen. Der Canal ist doppelt contourirt und scheint in seinem Innern einen Faden zu beherbergen. Es ist mir nicht gelungen, diesen Faden überall deutlich zur Anschauung zu bringen, seine Existenz ward mir aber in einigen dieser Canäle unzweifelhaft. Nach innen zu wusste ich ihn in keine Verbindung mit andern Bildungen zu bringen, — was wohl eine Schuld des mannichfach veränderten, ins Undeutliche gebrachten Gewebes ist. Nach aussen aber scheint er sich an eine sonderbare Art Stachel fortzusetzen, welche auf dem Grunde der erwähnten Gruben mit kegelförmiger Basis sich ansetzt und in eine scharfe feine Spitze ausläuft, die noch ein kleines Stück über den Rand der Grube hervorsieht. Ich glaube nicht im Unrecht zu sein, wenn ich diesen Apparat für ein Sinnesorgan halte, der an dieser Stelle dem Thiere um so werthvoller sein muss, als der Mangel von eigentlichen Antennen es gegen vielfache Einflüsse schutzlos gelassen hat. Doch hierüber werden wir weiter unten noch weiter zu sprechen haben.

Die Behaarung des grössten Theiles des Kopfschildes, die zackige Natur des Seiten- und eines Theils des Hinterrandes sind Erscheinungen, welche weiter nichts Merkwürdiges bieten. Das Innere des Kopfschildes zeigt noch die bei Krebsen so häufige und besonders bei den Larven der Panzerkrebse, den Phyllosomen, genauer bekannte Bildung von Querbälkchen zwischen oberer und unterer Wandung, zwischen denen beim jungen Thiere die vielfältig verzweigten Leberschläuche

Digitized by Google

sich ausdehnen, bei dem alten noch die ausserordentlich umfangreichen Geschlechtsorgane sich finden.

Und so haben wir denn zuletzt nur noch zu sagen, dass die Structur der seitlichen Augen uns verborgen geblieben ist, die der einfacheren, vorderen aber in zwei linsenförmigen Verdickungen der Cuticula besteht, welche nach innen in je einen kleinen Hohlraum vorragen, der von der gemeinsamen Pigmentmasse begrenzt wird; diese Pigmentmasse steht durch einen dünnen Streifen schwarzen Pigments mit einer andern noch grösseren, aber ganz unregelmässig gestalteten Pigmentmasse in Verbindung, die sich auf der Unterseite des Kopfschildes dicht vor dem oberen Schlundganglion ausbreitet (Taf. XV. Fig. 15).

Soweit erlaubte das etwas mangelhafte Material, das mir vorlag, in die Entwicklungszustände des Limulus einzudringen, — ich werde nun versuchen, aus den bereits angeführten Aufsätzen der beiden amerikanischen Naturforscher einige ergänzende Angaben zusammenzustellen, zugleich auch auf einige Widersprüche, die zwischen ihnen und meiner Untersuchung bestehen, hinzuweisen. Da aber besonders der Aufsatz des Rev. S. Lockwood eine ziemlich ausführliche Darstellung der Lebensweise des Limulus enthält, auch über die Zeit und andere äussere Umstände der Entwicklung sehr werthvolle Angaben enthält, so glaube ich am besten zu thun, wenn ich seinen Aufsatz auszüglich, aber ohne etwas Wichtigeres zu übergehen, hier reproducire.

Dr. S. Lockwood und Dr. A. S. Packard über Lebensweise und Entwicklung des Limulus.

(American Naturalist IV. No. 5 & 8. 1870.)

»Die nachfolgende Darstellung der Lebensweise des Limulus ist das Resultat von Beobachtungen, die sich über mehrere Jahre erstreckten.

»Der Limulus lebt in mässig tiefem Wasser, — etwa von 2 bis 6 Faden (12—36 Fuss). Mit Ausnahme ganz junger Exemplare, die wahrscheinlich von der Fluth dahin gebracht werden, sieht man niemals den Limulus in seichtem Wasser, — es sei denn zur Zeit der Fortpflanzung. Er ist recht eigentlich ein wühlendes Thier und lebt buchstäblich im Schlamm, worin er sich seinen Weg mit grosser Leichtigkeit bahnt. Beim Wühlen wird die vordere Kante des Kopfschildes nach unten gedrückt und schaufelt nach vorwärts, während das Schwanzschild winklig dagegen gebeugt ist und die scharfe Spitze des Schwanzstachels als Fulcrum dient, indem es den Schlamm durchdringt. An der Unterseite sind die Füsse ununterbrochen thätig, die Erde aufzu-

Digitized by Google

kratzen und nach beiden Seiten hervorzustossen. Auf diese Weise bildet sich eine auffallende Kraftersparniss in der Wühlarbeit des Limulus, denn das abwechselnde Beugen und Strecken des Kopf- und Schwanzschildes, verbunden mit der drängenden oder schiebenden Thätigkeit des Schwanzstachels bewerkstelligen zu gleicher Zeit das Graben und das Fortschreiten unter dem Schlamme. Dieserhalb könnte man den Limulus den Seemaulwurf nennen.

»Limulus ist ein Fleischfresser, seine Nahrung bilden die weichen Nereisarten und andere Würmer. Mitunter findet man Exemplare, deren eine Extremität zwischen die Schalen einer Venus mercenaria eingeklemmt ist. Das kommt daher, weil auch Venus mercenaria ein Wühler ist; der Limulus packt dabei gelegentlich ihren Sipho, den das Mollusk aber rasch einzieht, wobei dann die Limulus-Klaue mit zwischen die Schalen geräth und dort festgehalten wird. In dem Wunsch genau zu ermitteln, welche Nahrung und wie die Thiere sie verzehren, setzte ich ein Exemplar, das den Sommer vorher ausgekrochen war, in ein kleines Aquarium und gab ihm eine reichliche Masse von frischer und zarter Ulva latissima. Aber dieser Meeres-Salat blieb gänzlich unberührt, obwohl der junge Limulus seit drei Wochen nichts anderes zu essen bekommen hatte. In der That hatte ihn der Hunger auch buchstäblich durchsichtig gemacht. Darauf versuchte ich es mit animalischer Kost. Ich öffnete eine lebendige Venus mercenaria, störte den kleinen Burschen aus seinem Schlupfwinkel im Sande auf und gab ihm ein Stück von der Muschel. Sofort machte er sich darüber her und vertilgte es mit wahrem Heisshunger. Ausser dieser hauptsächlichen Speise gab ich ihm zu verschiedenen Zeiten noch andere Nahrung. Jedes Mollusk, das hinreichend zart war, behagte ihm. Er ass sogar Rindfleisch, aber nicht mit der Vorliebe wie Mollusken. Das aber konnte ich constatiren, dass er, wohlgenährt wie er war, niemals todte Thiere angriff; ich kann aber nichts darüber aussagen, ob das auch unterblieben wäre, wenn er hungrig gewesen wäre.

»Bis jetzt hatte ich aber den Process des Essens selbst nicht gesehen. Dies Alles war verborgen durch das grosse Kopfschild. Aber ich wollte es durchaus direct beobachten. So liess ich also zu allererst das Thier so lange hungern, dass mit Sicherheit ein guter Appetit zu erwarten war. Hierauf legte ich ein Stück eines Mollusk's vor den hungrigen Krebs, welches augenblicklich mit den Klauen nach unten gezogen wurde. In demselben Moment drehte ich das Thier um, so dass es seine Unterseite gegen die Glasscheibe des Aquariums kehrte, und in dieser Stellung wohl 5 Minuten lang beharrte. Dabei liess sich denn der Process des Fressens hinreichend beobachten, und in der That

Digitized by Google

erscheint derselbe merkwürdig genug. Wenn das Thier in seiner natürlichen Lage sich befindet, so wird die Nahrung von den Klauen oder Scheeren des letzten kieferlosen Extremitätenpaares unmittelbar unter den Mund geschoben, und in dieser Lage, wenn nöthig, auch von den übrigen Extremitäten gehalten, indem sie die Nahrung erst mit den Stacheln und Zähnen der einen, dann mit denen der andern bearbeiten. Die kleinen, losgelösten Stückchen gehen dann in den Mund. Hieraus lässt sich leicht abnehmen, wie schwer es ist, von dieser klein geriebenen Nahrung innerhalb der Gedärme noch eine deutliche Spur von dem ursprünglich verzehrten Gegenstande zu finden und denselben daraus zu erkennen. Von der grossen Zahl der Individuen, die ich öffnete, verrieth mir kein einziges, wovon sie sich nährten, und erst aus dem obigen Experiment liess sich erkennen, ob Limulus von Pflanzen- oder von Thierstoffen lebe.

»Die Häutungen des Limulus erfolgen mehrmals während des ersten Lebensjahres und in kurzen Zwischenräumen. Wie viele es sind, kann ich nicht angeben, da es je nach dem Zeitpunkt des Auskriechens aus dem Eie verschieden sein muss. Doch aber glaube ich, dass die Jungen, welche im letzten Theile des Juni hervorgebracht werden, noch 5—6 Häutungen durchmachen, ehe das kalte Wetter eintritt. Ja, was bei Krebsen entschieden für eine Ausnahme zu gelten hat, selbst die ausgewachsenen Thiere scheinen ihre Haut mehr als einmal im Jahre abzuwerfen. Beim Austernfischen wird sogar während des Winters gelegentlich mit der schweren Eisendragge ein Limulus gefangen; unter diesen befand sich, — es war im Februar bei ungewöhnlich schönem Wetter in Bariton Bay — ein erwachsenes Weibchen, welches erst kürzlich sich gehäutet haben musste, da die Körperwandung noch ganz weich war.

»Mitunter kann man das Abstreifen der Haut unter sehr ungewöhnlichen Umständen direct beobachten. Ein grosses, im August gefangenes Weibchen, häutete sich in der Gefangenschaft, trotzdem es mehrere Tage lang in freier Luft gelegen hatte. Die Operation war sehr mühselig und dauerte drei bis vier Tage, wobei das Thier ganz trocken ward. Hin und wieder ward aus Mitleid etwas Wasser über das Thier gegossen; dies war aber nicht einmal Meereswasser, sondern süsses. Jedenfalls muss das Abstreifen der Haut unter so aussergewöhnlichen Umständen eine sehr schwierige und wahrscheinlich recht schmerzhafte Operation sein, — ja es ist zu verwundern, dass es überhaupt geschah, Unter natürlichen Verhältnissen werden dafür nur wenige Minuten in Anspruch genommen. Eine dünne, schmale Kante läuft rund um die Unterseite des vorderen Theils des Kopfschildes, des bekanntlich wei-

testen Theiles des Thieres. Dicht vor der Zeit der Häutung entsteht eine Trennung zwischen dieser Kante und dem Perimeter des Schildes. Dem unbewaffneten Auge bleibt dieser Riss fast unsichtbar, nur durch die Anstrengungen des Thieres öffnet er sich, und durch diese Oeffnung verlässt dasselbe die alte Schale. Durch diese Oeffnung vorn am Kopfe und an der Stelle der grössten Weite, besonders aber noch, da die Schale halb lederartig ist, etwas nachgiebt und grade an diesem Platze sehr dünn ist, hat Limulus einen offenbaren Vortheil vor den höheren Krustern voraus, deren Häutung nothwendigerweise von hinten aus sich vollzieht, und deren Haut ausserdem aus unnachgiebigerem Stoffe besteht. Den Limulus so gleichsam aus sich selbst herauskommen zu sehen, ist ein so komischer Anblick, dass man unwillkürlich zu der Vorstellung kommt, er speie sich selbst aus seinem eigenen Munde aus.

»Als das Exemplar, das wir hier besonders im Auge haben, aus seiner alten Haut herauskam, maass es $9^1/_2$ Zoll im kürzeren Durchmesser des Kopfschildes, während die leere Schale an derselben Stelle nur 8 Zoll hielt. Wenn sie also mehr als einmal im Jahre sich häuten, so müssen sie ein rapides Wachsthum besitzen; wenn nicht, so scheint mir, dass sie mindestens ein Alter von 8 Jahren und drüber erreichen, ehe sie geschlechtsreif werden. Doch darüber werden wir nachher noch mehr zu sprechen haben. Ich habe ferner beobachtet, dass in jedem Frühjahr, d. h. sobald als das Wasser seine Wintertemperatur verloren hat, eine grosse Zahl von Jungen, die vom vergangenen Sommer datiren, an den seichten Stellen sich finden. Diese messen zwischen 1 bis $2^1/_2$ Zoll in dem kürzeren Durchmesser. Da nun das Thier, wenn es auf eigne Hand zu leben anfängt, nur einen Viertelzoll, und das kaum, im Durchmesser besitzt, so würde das ein ausserordentlich rasches Wachsen beweisen, — so glaube ich aber auch, dass die grösseren unter jener Zahl schon zwei Winter durchlebt haben.

»Es ist Grund dazu vorhanden, anzunehmen, dass Eier von demselben Individuum in derselben Saison mehr als einmal abgelegt werden. Ich hörte Fischer dies mit vollkommner Sicherheit behaupten. Da sie es aber nicht beweisen konnten, so ward ihre Behauptung weiter nicht beachtet, bis das folgende Factum sich zutrug. Ueberall da, wo Limulus sehr gemein ist, hat man die Gewohnheit, ihn zu fangen und Geflügel damit zu füttern, in dem Glauben, das mache dasselbe mürbe, wie es jedenfalls sie und die Schweine fett macht, aber zu gleicher Zeit dem Fleische beider einen höchst unangenehmen Beigeschmack verleiht. Die Weibchen werden dabei ihrer Eier halber vorgezogen, deren es meist nicht weniger als eine halbe Pint hat, die dicht aneinander im

Digitized by Google

Kopfschild liegen. Man erhält dieselben, indem man die Spitze eines Messers unter die vordere, untere Ecke des Schildes einsetzt und damit rund um die dünne Kante, die bereits erwähnt ward, herumfährt, so dass die Eier, die wie Senfsaamen, aber von aschgraugrüner Farbe, aussehen, ganz frei gelegt werden. Nun fand es sich, dass ein Weibchen, von dem ich genau wusste, es habe im Mai bereits Eier abgelegt, im Juli geöffnet ward und zu meinem nicht geringen Erstaunen ganz voll von wohlgeformten und anscheinend reifen Eiern war.

»Limulus legt seine Eier um Neu- und Vollmond in den Monaten Mai, Juni und Juli. Damit ist gesagt, dass es während der Zeit der ganz besonders starken Ebbe und Fluth, (— Springfluth und Springebbe —) geschieht, worauf ja der Mond einen so bedeutenden Einfluss ausübt. Sie kommen dann bei einer besonders hohen Fluth herauf, auf dem Meeresboden vorschreitend, bis sie einen passenden Fleck nahe an der äussersten Linie der Fluth, aber immer innerhalb derselben, erreichen. Hiedurch werden drei Vortheile gewonnen. Erstlich: die Eiablage geschieht unter Wasser; zweitens: die Linie der gewöhnlichen Fluth ist so ausgewählt; drittens: die Eier sind einer kurzen Ebbe ausgesetzt, wobei durch die Sonnenhitze die Beschleunigung der Entwicklung erreicht werden kann.

»Dass ein erwachsener Limulus zu anderer als zur Begattungszeit den Strand besucht, ist sehr selten. Zu dieser Zeit aber kommen sie paarweise in grossen Haufen, — und, wörtlich gesprochen, — in ehelichen Banden, denn das Männchen sitzt auf dem Schilde des Weibchens; es hält sich in dieser Stellung fest, indem es die Seiten des Schwanzschildes umfasst mit den beiden starken und kurzen Klauen, die nur den Männchen eigen sind, durch die, — gleichzeitig mit der geringeren Grösse der Männchen, — das Geschlecht sofort erkannt werden kann. Das Weibchen gräbt dann eine kleine Vertiefung in dem Sande und lässt die Eier hineinfallen; hierauf entlässt das Männchen die befruchtende Flüssigkeit über die Eier, — und sofort wird das Nest verlassen, die Eltern ziehen sich zusammen mit dem sich zurückziehenden Meere wieder in ihr Element zurück, — nur mitunter bleibt ein Pärchen, das vielleicht weniger munter ist, als die andern, zurück, wird aber doch noch, wenn ungestört, die See wieder erreichen. Durch die Thätigkeit des Wassers werden die Eier nun sofort mit Sand bedeckt; wobei es denn freilich oft geschieht, dass ungünstiger Wind eine Menge Eier hinwegwaschen lässt und in allen Richtungen auf den Strand wirft, wo sie dann vielen hungrigen Vögeln, oder im Wasser von Fischen und Mollusken gefressen werden.

»Limulus lebt in Monogamie, — aber es ist nicht unwahrschein-

lich, dass zu jeder Geschlechtsperiode ein anderes Männchen angenommen wird. Hin und wieder geschieht es aber auch, dass ein Weibchen auf den Strand kommt, mit drei Verehrern zu gleicher Zeit, deren zwei vergeblich versuchen, den glücklichen Besitzer wegzujagen. Diese Erscheinung hat die Fischer zu der Annahme verleidet, die Zahl der Männchen überwöge die der Weibchen; — mir scheint aber, dieser Punkt könne nicht in solcher Weise erklärt werden.

»Früher waren die Limulus in Bariton-Bay sehr häufig, — gegenwärtig sind sie seltner. Demgemäss muss man ihnen jetzt besonders aufpassen. Im Mai 1869, selbst durch Zeitmangel verhindert, beauftragte ich einen Fischer, aufzupassen, bis ein Pärchen heraufkäme und es dann zu fangen, sobald es Anstalt mache, wieder in die See zurückzukehren; auch war er instruirt, mit einem zinnernen Gefäss die ganze Eiermasse mit Sand und Allem aufzuschöpfen, die Eier aber nicht mit den Händen zu berühren. Ich glaube, dass der Mann diesen Auftrag pünktlich ausgeführt hat. So gelangten also die Eier und die Eltern unverletzt in meinen Besitz. Meine Vorbereitungen waren bereits mit aller Umsicht getroffen. Gefässe, in denen die Eier auskriechen sollten, waren schon seit einigen Tagen zurecht gemacht und das Wasser darin befand sich in sauerstoffreichem Zustande. Nur eine, zugleich sehr ernste Schwierigkeit bestand noch. Ich konnte das Wasser nur der reflectirten Sonnenwärme exponiren. Directes Sonnenlicht wäre in den Sommermonaten zu warm gewesen und hätte das Wasser verdorben. Das Resultat war, dass die Entwicklung der Eier sehr langsam vor sich ging, — was man nicht vergessen möge, zugleich mit der Thatsache, dass der Mangel von Bewegung und Veränderung des Wassers und seiner Tiefe und besonders der Mangel von directer Einwirkung von Luft und Sonne, die bei der Ebbe sonst für die Eier statt hat, diese Verzögerung wohl hervorgebracht hat.«

Im Folgenden gebe ich nun noch einige der Notizen, die Dr. Lockwood über die Entwicklung der Eier selbst in seinem Aufsatze mittheilt.

»Mai 26. 1869. — Die Eier wurden heut ausgelegt. Sie waren grünlich weiss, trübe, fast schmutzig aussehend. Im Fortgange der Entwicklung ward die äussere Schale zusehens dunkler und noch lederartiger. Ich glaubte dieses letzteren Umstandes wegen, sie seien bereits im Zerfall, — aber sie besitzen eine ausserordentliche Lebenszähigkeit. Selbst bei einer bedeutenden Verzögerung werden sie schliesslich doch zum Auskriechen kommen. Die der Oberfläche zunächst liegenden Eier entwickelten sich am raschesten.«

»Juli 18. — 34 Tage nach Ablage der Eier. Der dunkle Chorion ist geplatzt und die innere durchsichtige Hülle wird frei. Im Innern

findet sich ein trilobitenartiger Embryo. Auffallend ist die verlängerte Gestalt des Abdomen neben der sehr breiten Form des Kopfschildes. Die Beine sind weit vorgeschritten in der Entwicklung und die beiden seitlichen Augen sind deutlich erkennbar. Nach 2—3 Tagen war der Embryo beträchtlich verändert. Im Verhältniss zu dem Schwanztheil war der Kopfschild nicht mehr so breit. Die Beine reichten über den Rand des letzteren hinaus. Die seitlichen Augen ragten schon etwas vor, aber die centralen Ocellen fehlten noch, (?) denn an deren Stelle war eine Einbuchtung in dem Vorderrande des Schildes. Die beiden Theile des Embryo sind noch gegen einander gebeugt. Der Embryo rollt sich fast unaufhörlich in der durchsichtigen Hülle herum, mitunter ruht er einige Minuten, und liegt gewöhnlich auf dem Rücken. Dies Umrollen hat wohl die Wirkung, dass die durchsichtige Hülle durch die Reibung allmählich gesprengt wird.

»August 3. — 70 Tage nach der Eiablage. Ein Embryo hat heute die Hülle verlassen. Er misst $2^1/_2'''$ in der Länge und $2'''$ in der Breite.« (Dies Stadium entspricht dem oben beschriebenen Trilobiten-Stadium. Ich enthalte mich also der Wiedergabe von Mr. LOCKWOOD's Angaben darüber.)

»Das Thierchen fing sofort an für sich selbst zu arbeiten, indem es hartnäckige Anstrengungen machte, wie seine Eltern zu graben. Der Mangel des beweglichen Schwanzstachels ward aber sofort fühlbar, denn bei dem geringsten Hinderniss fiel es auf den Rücken, konnte sich durch den Stachel nicht wieder aufrichten, wie es die Alten thun, und begann nun eine kräftige Bewegung mit den Branchial-Plattenpaaren. Hiedurch wird es in dem Wasser nach aufwärts bewegt; dann lässt es sich wieder sinken, um vielleicht wieder auf die Bauchseite zu fallen. Sollte das nicht gelingen, so wird das Aufsteigen wiederholt bis schliesslich der Zweck erreicht wird.

»August 15. — 82 Tage nach der Eiablage. Sehr viele Individuen sind ausgekrochen, viele aus Mangel an hinreichend sorgfältiger Behandlung zu Grunde gegangen. Ich beobachtete fast ausschliesslich das bereits erwähnte Exemplar. Es häutete sich heute zum zweiten Male. Wenige Minuten reichten hin, um es von seinem Kinderkleide zu befreien. Ich bemerkte, dass es sich eine Zeitlang ausruhte, während der Schwanzstachel noch halb in der abgestreiften Hülle stecken blieb. Als es endlich ganz herauskam, war die Limulus-Gestalt vollkommen ausgebildet. Es misst $^1/_4''$ Breite und der Schwanzstachel $^1/_{20}''$ Länge. Die Borsten am Schwanzschilde und die Haare und Stacheln am Kopfschilde sind jetzt fast ganz geschwunden. Als das Thierchen vor dieser letzten Häutung über den Schlamm einherzog, machte

es ganz kleine Furchen mit den seitlichen Dornen des Schwanzschildes, wobei ein freier Platz zwischen diesen Reihen blieb, der jetzt von einer mittleren Linie, hervorgebracht durch den eingedrückten Schwanzstachel, gleichfalls gefurcht wird.«

Hier enden die Beobachtungen des Dr. Lockwood, da eine Krankheit ihm den Gebrauch der Augen für längere Zeit raubte. Aber noch einige andere, nicht weniger interessante und für die Gesammtgeschichte des Limulus wichtige Mittheilungen verdanken wir dem geschickten Beobachter und geistvollen Darsteller, — und ich trage kein Bedenken, auch sie hier folgen zu lassen.

Derselbe bemerkt über die Bedeutung des Schwanzstachels für die Lebensweise des Limulus: »Dem Limulus ist der Besitz des Schwanzstachels so nöthig, wie dem Bergsteiger der Alpenstock. Er ist jeden Augenblick in Gefahr, bei der geringsten Erschütterung oder irgend einem Hinderniss, auf den Rücken geworfen zu werden, und ohne seinen Schwanzstachel würde er so hilflos sein, wie eine Schildkröte in derselben Lage. Aber dann beugt er den Stachel, steckt die Spitze in den Schlamm oder Sand, und nach einigen kräftigen Anstrengungen gelingt es ihm, sich wieder umzudrehen. Seine Beine dagegen sind so schwach, dass, wenn man seine Unterseite den Angriffen von Fischen aussetzt, diese bald seinen Lebenslauf zu Ende bringen würden. Darum muss er immer den Rücken oben behalten, will er nicht sein Leben verlieren.« Hiebei wird, meinen eignen Beobachtungen in Aquarien zufolge, noch durch lebhaftes Auf- und Abklappen der Kiemenplatten nachgeholfen.

»Ich will nun noch eine andere wichtige functionelle Metamorphose erwähnen, die mir höchst bemerkenswerth erscheint. Der Unterschied in der Gestalt zwischen dem zweiten Extremitätenpaar des Männchens und Weibchens ist so bedeutend, dass sogar Kinder sofort am Strande hiedurch den Unterschied der beiden Geschlechter erkennen. Beim Weibchen ist diese Extremität lang, schlank und schwach; beim Männchen kurz, stark und geschwellt. Ihre Klaue, zum Festhalten bestimmt, gleicht einem Schraubstocke. Ihr Gebrauch besteht darin, das Schild des Weibchens festzuhalten, so dass das Männchen seine Stellung inne halten kann, während das Paar an den Strand zieht in der Paarungszeit. Und dieses Festhalten ist so sicher, dass keine Heftigkeit des Sturms, kein Angriff eifersüchtiger Nebenbuhler ihn von seinem Platze verdrängen kann. Das wissen auch die Fischer sehr gut, die im Wasser stehen, um das Weibchen aufzuspiessen, wenn es angezogen kommt in ehelicher Umarmung. Sie trachten nur danach, das Weibchen zu fangen, denn es würde einer Kraftanstrengung bedürfen,

um das Männchen von ihm zu trennen. Diese starke Klaue, oder wie die Fischer es nennen, Hand, hat im frühen Leben keine Verwendung. Limulus hat seine Pubertätsperiode, — erst dann ist er erwachsen. Aber nach der Grösse zu urtheilen, welche die sich begattenden Männchen haben, die ziemlich gleich ist, und ihrem wirklichen Wachsthum nach, möchte ich glauben, dass die Pubertät des Krebses nicht vor dem dritten oder vierten Lebensjahre eintritt. Und erstaunen würde es mich nicht, wenn diese Zahl sogar das Minimum darstellte. Aber das Wesentlichste ist, — erst zu der Pubertätszeit erleidet das Männchen die letzte Verwandlung. Dabei erhält es erst die grossen Klauen, oder wörtlich verstanden, — die Hochzeitshand.

»Diese Facta sind zwar nur negativer Natur, aber darum nicht weniger beweisend. Erstlich war der Verdacht gegeben, dass es sich so verhalten möchte, dann ward danach gesucht, ob ein junges Männchen die Geschlechtsklauen bereits ausgebildet besässe. Aber trotz der numerischen Gleichheit von Männchen und Weibchen ward dieses nicht gefunden, obwohl grosse Mengen junger Exemplare untersucht wurden. Ueberdies habe ich auch keinen Fischer gesprochen, der dies je gesehen hätte.« —

»Gegen Ende der warmen Jahreszeit des letzten Jahres (1869) mussten die Gefässe ungefähr 200 junge Limulus enthalten haben. Ich habe nun bereits mitgetheilt, dass die Jungen sofort nach ihrem Auskriechen aus dem Eie, anfangen, sich einzugraben wie die Alten; daher ist es selten, dass man das Abwerfen der Haut zur Beobachtung bringen kann. In der Hoffnung, meine Beobachtungen über das Wachsthum meiner interessanten Familie im folgenden Jahre fortsetzen zu können, wurden die Gefässe sorgfältig bei Seite gestellt. Geringe Aufmerksamkeit indessen ward der Temperatur geschenkt, die bei verschiedenen Gelegenheiten auf den Gefrierpunkt niedersank. Am 3. Mai 1870 leerte ich nun die Gefässe, um zu sehen, wie meine Pfleglinge vorwärts kämen, — und musste mich überzeugen, dass nicht Einer von ihnen mehr am Leben war, — aber wunderbarer Weise an ihrer Stelle ein Dutzend kleiner Burschen, alle erst in diesem Frühjahr ausgekrochen, an ihre Stelle getreten waren. Mit diesen fanden sich dann auch noch wenigstens 30 Eier in verschiedenen Entwicklungsstadien völlig am Leben! In einigen derselben konnte man den Embryo sich umrollen sehen. Die Erklärung dieser Erscheinung ist, dass in der That einige der im vorigen Jahre eingelegten Eier nah dem Grunde der Gefässe gelegen hatten und dadurch jeder Berührung mit der Sonnenwärme entzogen worden waren. Sofort, — freilich nicht ohne alle Befürchtung hinsichtlich des Erfolges, — sorgte ich für die geeigneten

Massregeln, um die weitere Entwicklung zu begünstigen, indem ich frisches Seewasser kommen liess, Sand hineinwarf, die Eier darauf legte und das Ganze dann an einen günstig gelegenen Platz stellte. Gegen ½4 Uhr Nachmittags am 11. Mai kroch vor meinen Augen der erste Limulus aus! Die Eier waren fast ein ganzes Jahr alt, — es fehlten nur noch zwei Wochen! Und noch mehr: die Eier waren bereits im vorigen Jahre bis zu einem gewissen Stadium entwickelt! So ist also nicht blos eine ausserordentlich beträchtliche Zögerung in der Entwicklung, sondern vielmehr ein vollkommener Stillstand eingetreten gewesen, der 7—8 Monate gedauert und doch das Leben nicht aufgehoben hat!«

Soweit die sehr werthvollen Mittheilungen des Dr. Lockwood. Einige morphologische Betrachtungen, die derselbe Forscher seinem Aufsatze noch beigefügt hat, wollen wir weiter unten im Zusammenhange mit meinen eignen Anschauungen noch näher kennen lernen.

Ich wende mich nun zu dem Aufsatze des Dr. A. S. Packard jr. Die Untersuchungen dieses Forschers sind an Materialien angestellt, welche ihm von Dr. Lockwood mitgetheilt wurden, so dass, da auch die von mir benutzten Eier und Embryonen derselben Quelle entstammen, hiedurch eine Einheit hervorgebracht wird, welche die drei Arbeiten zu gegenseitiger Ergänzung verbunden erscheinen lässt. Ich setze demgemäss nur so viel aus Dr. Packard's Aufsatz hierher, als nöthig wird, um ein möglichst vollständiges Bild der Entwicklung zu liefern; die daran gefügten morphologischen Betrachtungen übergehe ich auch hier wieder, um sie nachher in den Zusammenhang eintreten zu lassen.

»Nicht nur in den Eiern, die bereits abgelegt sind, sondern auch in den unbefruchteten, die dem Eierstocke entnommen wurden, war der Dotter leicht zusammengezogen und liess einen hellen Raum zwischen sich und der Schale. Nur ein oder zwei Eier wurden im Furchungsprocess begriffen gesehen. In einem derselben war der Dotter in drei ungleich grosse Stücke zerfallen. In dem andern war die Furchung fast vollendet.

»In dem nächsten Stadium fanden sich die ersten Anzeichen des Embryo, bestehend in drei kleinen, flachen, runden (?) Vorragungen, deren beide vorderen Seite an Seite sich befanden, während der dritte unmittelbar dahinter sich befand. Das Paar der Vorragungen stellt wahrscheinlich das erste Gliedmaassenpaar dar, das dritte einzelne dagegen das Abdomen (?). In weiter vorgeschrittenen Eiern konnte man drei Paar beginnender Extremitäten beobachten, deren vorderstes, das erste Extremitätenpaar, sehr viel kleiner war als die andern. Die Mundöffnung befindet sich dicht dahinter. In einem späteren Stadium

bildet der Embryo ein ovales Feld, umgeben von einem noch blasseren Ringe, der wie eine Leiste erhaben ist, und dazu bestimmt ist, die Kante des Körpers oder die Trennungslinie zwischen Bauch- und Rückenfläche zu bilden.« Dieses Stadium kommt völlig überein mit dem ersten von mir in dem vorhergehenden Abschnitt beschriebenen; ich vermeide darum, das hier zu wiederholen, was dort schon gesagt ist. Nur einen Irrthum, der möglicherweise störend wirken könnte, muss ich hier berichtigen. Dr. PACKARD hält nämlich das, was ich oben als Exochorion beschrieben habe, für das eigentliche Chorion, was ich dagegen als Chorion betrachte, das sieht er einmal als »inner egg-membrane«, dann als »amnion« und schliesslich als homolog der »larval skin of German embryologists« an, womit offenbar FRITZ MÜLLER's und meine eignen Darstellungen gemeint sind. Dass nun diese Vermischung von sehr verschiedenartigen Gebilden hier eingetreten ist, liegt wohl an der grossen Schwierigkeit, durch die sich oft widersprechenden und schwankenden Darstellungen der Entwicklungszustände der Arthropoden ohne genaues Nacharbeiten seinen Weg zu finden; wie dem aber auch sei, jedenfalls steht die Eihülle des Limulus, von der hier die Rede ist, sicherlich nicht in Beziehung morphologisch-homologer Art zu einem der drei erwähnten membranösen Gebilde. Wir haben es gewiss nur mit einem Chorion des Limuluseies zu thun.

Die weitere Darstellung der Entwicklung ist nicht wesentlich abweichend von derjenigen, die ich selbst gegeben, wenn schon weniger ausführlich, da Dr. PACKARD das Veröffentlichte nur als eine auszügliche Mittheilung ansieht, auf die er vielleicht noch weitere, an lebendem Materiale gewonnenen Darstellungen folgen lässt.

Geographische Verbreitung der lebenden und fossilen Limulus-Arten.

VAN DER HOEVEN unterscheidet in seinen »Recherches sur l'histoire naturelle et l'anatomie des Limules« 4 lebende Arten der Gattung Limulus: L. moluccanus LATREILLE, L. longispina HOEVEN, L. rotundicauda LATREILLE und L. Polyphemus LATREILLE. Diese Arten leben sowohl auf der östlichen, wie auf der westlichen Hemisphäre, denn L. Polyphemus ist sehr häufig an der Ostküste von Nord-Amerika, L. moluccanus in Ost-Indien und auf den Molukken, L. rotundicauda ebenfalls, L. longispina endlich findet sich an der Küste Chinas und Japans.

Zu dieser weiten geographischen Verbreitung kommen nun noch die bis jetzt constatirten Fälle von palaeontologischem Vorkommen. Die

Digitized by Google

ersten Ueberreste eines versteinerten Limulus fanden sich in Solenhofen und wurden von WALCH & KNORR in den »Monuments du Déluge« abgebildet. Diese Abbildung copirten DESMAREST & BROGNIART. Etwas später fanden sich auch Spuren von Limulus im Muschelkalk in der Nähe von Bayreuth. Derselbe ward L. priscus genannt. HERRMANN v. MEYER beschrieb eine zweite Art derselben Localität als L. agnotus. Der Graf MÜNSTER entdeckte dann im Jurakalk noch eine Art, und beschrieb die nachfolgenden: L. Walchii, L. ornatus, L. intermedius, L. brevispina, L. brevicauda, L. sulcatus und L. giganteus.

Ob nun diese Namen wirklich verschiedene Arten bezeichnen, das lassen wir dahingestellt, können die Entscheidung darüber vorläufig auch nur für irrelevant halten. Bewiesen wird dadurch aber, dass Limulus als Gattung schon in den Secundärschichten vorkam, und zwar an einer Localität, die nach heutiger Erdoberflächen-Beschaffenheit grade in der Mitte zwischen den Punkten ihres jetzigen Vorkommens gelegen ist. Sonach müssen wir für Limulus ein hohes Alter in Anspruch nehmen und unsere Aufgabe, seine heutige Gestalt auf vorhergehende zurückzuführen, verlegt sich weit in die Vorzeit hinein, da wir dieselbe Aufgabe schon lösen müssen für die Limulus der Trias.

Limulus und die Gigantostraken.

(Merostomata DANA & WOODWARD.)

Die Untersuchung, die uns jetzt beschäftigen wird, behandelt das Problem von der Verwandtschaft der Limulus aus den Secundärschichten. Zunächst werden wir uns also ein Bild der Entwicklung des Krusterstammes jener Zeit zu entwerfen haben, — eine Aufgabe, welche durch die vortreffliche »Chart of Fossil Crustacea by J. W. SALTER & H. WOODWARD, London 1865« wesentlich gefördert ist, uns also fast nur eine Wiederholung der dort gewonnenen Resultate aufnöthigt.

Im Lias haben wir bereits deutliche Spuren der Decapoden zu bemerken. Die Gattungen Eryon, Aeger und Scapheus sind zum Theil sehr wohl erhaltene Repräsentanten dieser gegenwärtig in ihrer Blüthezeit stehenden Ordnung.

Pemphix in der Trias und Palaeocarabus in der Kohlenformation zeigen sogar noch tiefere Verbreitung derselben. Daneben werden auch einige Edriopthalmen abgebildet, die bereits zu so später Zeit existirt haben sollen. Da ist freilich zu sagen, dass diese Deutung von Formen wie Gampsonyx, noch mehr aber von Prosoponiscus und Pygocephalus, doch sehr problematisch erscheint und keinen-

falls als Grundlage zu irgend welchen bündigen Schlüssen benutzt werden kann.

Wir haben dann in der Trias einen Apus, im Lias Spuren von Cirripeden, eine nicht unbedeutende Zahl von Ostracoden und einen Limulus-artigen Krebs.

Gehen wir aber weiter hinab in den geologischen Schichten, so treten in mächtigster Entfaltung sowohl die Phyllopoden — wenigstens rechnet man Formen wie Dithyrocaris, Dictyocaris und Ceratiocaris zu denselben —, die Ostracoden, und vor Allem die Eurypteriden und die Trilobiten auf. Hier also, wenn irgend wo, haben wir die Ausgangspunkte des Limulus zu erwarten. Und gleich in der äusseren Form überraschend ähnlich erscheinen die Gattungen Belinurus und Prestwichia, die erstere mit den Arten B. Reginae (Taf. XIV. Fig. 19) und arcuatus, die letztere mit P. anthrax und rotundata (Taf. XIV. Fig. 17). Da haben wir nur einen Schritt in der morphologischen Entwicklung des Limulus zurückzuthun, um in diese beiden Gattungen zu gerathen: wir haben nur die feste, schildförmige Verwachsung der auf das Kopfschild folgenden Segmente wieder aufzulösen, — und Belinurus ist fertig. Lassen wir im Gegentheil die am Rande schon, wie es scheint, eingetretene engere Verbindung jener Segmente völlig vor sich gehen, so verwandeln sich die Prestwichia in Limulus.

So haben wir also einen bedeutenden Schritt rückwärts gewonnen. Die paläontologische Parallele zu dem embryologischen Befunde ist zum Theil bereits aufgedeckt, — der weitere Schritt wird auch nicht fehlen. Was die beiden Gattungen, die eben besprochen wurden, noch besonders nahe an Limulus hält, ist die Zahl der Segmente, welche zwischen dem Kopfschilde und dem Schwanzstachel sich vorfinden, die bei allen dreien identisch zu sein scheint. Diese wird aber überschritten bei einer Form, die aus dem oberen Silur bekannt geworden ist, Hemiaspis limuloides Woodward (Taf. XIV. Fig. 18). Hier finden wir noch das Kopfschild, — wenn auch schon mit mancherlei Veränderungen, — wir finden den Schwanzstachel, aber dazwischen 9 deutliche Segmente, die sich auch nicht halbkreisförmig nach hinten zu verengern, sondern kegelförmig und ohne auffallend abzusetzen in die Basis des Schwanzstachels übergehen.

Diese Form bahnt uns den weiteren Weg nach zwei Seiten: zu den Eurypteriden und zu den Trilobiten.

Die Eurypteriden oder, wie der neueste Monograph derselben, Mr. H. Woodward, sie mit Dana nennt, die Merostomata unterscheiden sich von Limulus vor Allem durch die Zahl ihrer Segmente und,

— wenigstens nach der Meinung einiger der bisherigen Bearbeiter, die noch keine thatsächliche Widerlegung gefunden hat, — auch durch die Zahl der Extremitätenpaare. Erstere ist bedeutender als bei Limulus, denn sie beträgt inclusive Schwanzstachel oder Telson nach Woodward 20, letztere ist geringer, denn mit Einschluss der entdeckten Platten sind es doch nur 6 Paar. Hier also ist die morphologische Entwicklung nicht so leicht hergestellt, und daher auch von erfahrenen Zoologen abgelehnt worden [1]. Dennoch aber führen uns eine Reihe von Charakteren, die beiden Familien gemeinsam sind, dazu, diese Ableitung vorzunehmen, — sollten wir auch dabei auf die Auskunft kommen, dass beide gemeinsame Vorfahren gehabt und zwei verschiedenartige, immerhin aber nah genug gebliebene Entwicklungsrichtungen eingeschlagen haben.

Das Kriterium zur Unterscheidung von Familien, welches hergenommen wird aus der Zahl der Segmente, hat nur dann einen wesentlichen Werth, wenn vorgängig festgestellt wurde, dass eine bestimmte Segmentenzahl durch eine grosse Reihe von Formen und einen bedeutenden Zeitraum hindurch unabänderlich festgehalten wurde. Es ist dann durch diese Thatsache selbst der Beweis geliefert, dass in der weiteren, morphologischen Ausbildung wesentlich nur die Natur und Beschaffenheit der ein für alle Mal gegebenen Segmente unter einander sich verändern kann, dass Verwachsungen, Verlängerungen, Verkürzungen etc. innerhalb dieser festen Zahl vorkommen mögen, — die Zahl selbst aber nicht verändert wird. Diesen Stand der Dinge offenbaren uns z. B. die Malacostraken. Welche Verschiedenheit der äusseren Gestalt, der Gruppenbildung zwischen den einzelnen Segmenten, der Verwachsung und Verkürzung auch auftreten mögen, — und man braucht nur Pagurus, Palaemon, Caprella und Idothea anzusehen, — immer bleibt die Zahl der Segmente constant, höchstens verringert sie sich durch den Ausfall des Postabdomens. Hier also, bei so ausserordentlicher Beständigkeit kann die Segmentenzahl ein wichtiges, vielleicht das wichtigste Merkmal sein. Aber wie die 19 Segmente der Malacostraken doch sicherlich nicht von Anbeginn bestanden haben, sondern zu dieser Constanz entweder durch Verringerung einer früher bedeutenderen Zahl, oder durch Vermehrung einer geringeren gekommen sind, so muss auch eine Nebenlinie von Crustaceen bestehen oder bestanden haben, welche eine dieser Alternativen verwirklicht, und mit den Malacostraken denselben Ursprung hat. Diese Nebenlinie sind, aller Wahrscheinlichkeit nach, die Phyllopoden, die durch Nebalia noch auf das Intimste mit den Schizopoden zusammenhängen. Ne-

1) So besonders von Huxley in seiner Arbeit: »On the Anatomy and Affinities of the genus Pterygotus«. Pag. 34.

Digitized by Google

balia zeigt aber 20 Segmente; die übrigen Phyllopoden noch mehr, ja bis 60 bei Apus. Wir haben aber doch kein Bedenken, Nebalia, Apus, Branchipus etc. in eine Ordnung einzuschliessen, — wennschon hier noch einige Bedenken anderer Art entgegenstehen, — wesshalb sollen wir nicht die 15 Segmente zählenden Limulus und Bellinurus, die wahrscheinlich 16 besitzenden Hemiaspis, mit den 20 zeigenden Pterygotus in eine Ordnung einschliessen? Ordnung bedeutet für den genealogischen Systematiker ohnehin nichts Anderes als eine mehr oder weniger grosse, nachweisbare oder vermuthete, genealogische Einheit. Sind wir im Stande an den in Frage stehenden Thieren gewisse gemeinsame Eigenthümlichkeiten zu erkennen, können wir andererseits ihre übrigen Eigenschaften ohne viel Mühe aus einander oder von einem gemeinsamen, nicht gar zu entfernten Ursprung herleiten, so hindert uns nichts, sie als einer Ordnung angehörig zu betrachten. Freilich müssen wir den Standpunkt als gänzlich unhaltbar aufgeben, der in der Composition der gegenwärtig vielleicht zahlreichsten Ordnung den eigentlichen Typus der ganzen Classe erkennen will, und etwa die Formation der Decapoden als die eigentlich allen Uebrigen zu Grunde liegende ansehen will, — mit diesem Standpunkt müssen wir platterdings brechen. Was da von Kopf, Thorax, Abdomen und Postabdomen als nothwendigen Abschnitten des Crustaceenkörpers gelten soll, das hat keinenfalls für unsern Standpunkt die geringste bindende Kraft.

Die geringere Zahl der Gliedmaassenpaare bei Pterygotus kann ebensowenig ein ausschlaggebendes Kriterium gegen seine Vereinigung mit den Poecilopoden sein. Erstlich ist meiner Meinung nach die Beschaffenheit der fossilen Ueberreste dieser riesigen Krebse nicht so vollkommen, dass man mit grosser Sicherheit behaupten könnte, soviel und nicht mehr Extremitäten hatte Pterygotus. Man weiss, welche ungeheuren Massen von Trilobiten in den Sammlungen der Paläontologen seit mehr als 100 Jahren sich befinden und dass trotzdem erst im Jahre 1870 die Extremitäten eines derselben entdeckt wurden. War doch sogar schon die Meinung ziemlich verbreitet, die Trilobiten hätten überhaupt keine Extremitäten gehabt, — was gradezu als eine morphologische Unmöglichkeit gelten musste, — sonach wird man es also auch nicht für allzu skeptisch aufnehmen, wenn von Seiten der Morphologen die bisherigen Angaben der Paläontologen über die Zahl und Bedeutung der Pterygotus-Gliedmaassen nicht als definitive und unwidersprechliche angesehen werden — um so weniger als die Lückenhaftigkeit des zur Untersuchung gelangenden Materiales von Jahr zu Jahr verringert wird.

Was aber eine so nahe Zusammengehörigkeit der Eurypteriden und des Limulus in morphologischer Beziehung ausser Frage stellt, das ist, — wenn wir von der Zahl vorläufig einmal absehen, — die Structur der Gliedmaassen. Ihre auffallendste Eigenthümlichkeit, mit der sie zugleich so gut wie ganz ausserhalb der übrigen Kruster stehen, ist die Beschaffenheit des Hüftstückes und dessen Function. Wie die Beobachtungen des Dr. Lockwood erwiesen haben, wird beim Limulus der ganze Kauvorgang durch das gegeneinander Reiben dieser Stücke vollführt, und demgemäss sind sie bekanntlich mit zahlreichen beweglichen Zähnen versehen. Eine fast noch ausgeprägtere Structur in derselben Richtung zeigen die Gliedmaassen der Pterygotus. Die Hüftstücke erscheinen noch um Wesentliches selbstständiger und gegen die eigentlichen Gliedmaassen vorwiegend, — ja die des letzten Paares der Kopfschild-Extremitäten sind von so ausserordentlicher Grösse, dass sie gewiss eine sehr bedeutende Wirksamkeit, zugleich aber auch die entsprechende Muskulatur und Sehnenbeschaffenheit voraussetzten.

Fast noch mehr als beim Limulus scheinen bei Pterygotus diese Kautheile sich um den Mund concentrirt und zusammengeschoben zu haben, — was eben hauptsächlich aus der Grösse des letzten Hüftstückes und der an seine innere obere Kante gerückten Zahnreihe hervorgeht. Zugleich damit mussten sich aber auch die übrigen Theile der Extremitäten, die als Palpen etc. beschrieben wurden, mit Ausnahme des letzten, grossen Ruderbeines mehr zusammenschieben; daher ist nicht unwahrscheinlich, dass bei den fossilen Stücken durch die Compression der übereinanderliegenden Theile eine wesentliche Unklarheit Platz gegriffen hat und statt 4 Paaren zwischen den vordersten und dem letzten Extremitätenpaare nur 3 Paare erkennbar werden. Grade wie bei Limulus scheint auch bei Pterygotus eine Arbeitstheilung innerhalb der Extremitäten Platz gegriffen zu haben: die erste und letzte Extremität haben sich jede zu einer speciellen Function umgebildet. Dass die letzte bei Pterygotus eine Art Ruder vorstellt, kann ihrer Structur nach füglich nicht bezweifelt werden, und, wenn anders die paläontologischen Befunde nicht trügen, so ist die erste Extremität ein entschiedenes und sehr geschicktes Greiforgan. Die zwischen diesen beiden liegenden Paare aber scheinen wesentlich nur zum Graben und Wühlen geschickt gewesen zu sein, — darauf deuten die Stacheln und Dornen, die zum Theil in bedeutender Grösse — cf. Pterygotus punctatus — vorhanden gewesen sind. Erscheint es nun nach morphologischen Maximen glaubhaft, dass von den 4 Extremitäten, die bei dem Limulus zwischen dem ersten und letzten Paare sich befinden, und also sicherlich auch bei den Vorfahren des Limulus im

Silur vorhanden gewesen sind, — dass von diesen eine ausgefallen sei? Besonders da Pterygotus in der Grösse noch so weit über Limulus das Uebergewicht gehabt habe? Ich muss bekennen, dass es mir höchst unwahrscheinlich ist. Man könnte aber glauben, dass die grosse Ruderextremität des Pterygotus homolog sei der fünften Extremität des Limulus, und dass die sechste ausgefallen sei. Dem scheint aber zu widersprechen, dass wir wie beim Limulus so auch bei Pterygotus gleich auf die grosse Ruderextremität jenes Plattenpaar folgen sehen, das wie ein Deckel sich über die folgenden, kiemen-tragenden Platten hinüberlegt. Danach kann nicht bezweifelt werden, dass die beiden Plattenpaare und das sie tragende Segment bei beiden Formen homolog sind, — mithin bliebe dann nur noch die Möglichkeit, dass das erste, scheerenförmige Extremitätenpaar des Pterygotus, z. B. bei Pt. bilobus, nicht dem ersten Extremitätenpaar des Limulus entspräche. Aber wie dieses befindet sich auch jenes in einer von den übrigen Extremitäten verschiedenartigen Insertion, — mehr vor dem Munde, als neben demselben. Man würde dann schwer begreifen, wie diese Verlegung der Insertion stattgefunden haben sollte, wenn etwa schon hier ein Extremitätenpaar, — das dann also in Wirklichkeit dem ersten des Limulus homolog gewesen wäre — bestanden hätte, aber durch irgend welche äusseren Einflüsse zu Grunde gegangen wäre. Es muss aber doch augenscheinlich um Vieles leichter sein, dies erste kleine Paar beim Limulus zu einer ansehnlicheren Grösse zu entwickeln, als es ausfallen zu machen und das zweite an seine Stelle zu rücken.

Wie es also auch mit dem thatsächlichen paläontologischen Befunde stehen mag, — das Postulat der Morphologie lautet dahin, bei Pterygotus und allen übrigen Eurypteriden ebenso viele Extremitäten des Kopfschildes anzunehmen, als sich gegenwärtig beim Limulus vorfinden.

Um dies Postulat, welches sich auf die Annahme der nahen genealogischen Verwandtschaft der beiden in Rede stehenden Formen gründet, noch mehr zu stützen, müssen wir fortfahren, eben diese genealogische Verwandtschaft aus den morphologischen Befunden weiter abzuleiten.

Eine der auffallendsten Bildungen des Limulus, — wie wir weiterhin noch näher zu begründen haben werden, — ist die hinter dem sechsten Extremitätenpaare am Grunde des Kopfschildes sich entwickelnde, gespaltene Unterlippe, — wenn wir die beiden anfänglich als Platten, später als bewegliche zahntragende und nach vorn gekrümmte Höcker erscheinenden Keile so nennen wollen. Dieselben dienen

Digitized by Google

im Wesentlichen dazu, die Spalte, welche durch die 6 Extremitätenpaare im Umkreise der Mundöffnung gebildet wird, nach hinten zu abzuschliessen, und beim Kauen behilflich zu sein.

Eine in der Gestalt zwar ziemlich verschiedene, aber der Lage und Bedeutung nach offenbar identische Bildung erkennen wir nur bei Pterygotus in der von den Autoren »Hypostoma«[1]) genannten Platte. Da ihre Insertion hinter dem 6ten Extremitätenpaare liegt, die Mundöffnung aber, im Gegensatz zu Limulus, bei Pterygotus weit nach vorn gerückt ist, — was wir schon vorhin aus der vergrösserten Beschaffenheit der letzten Hüftstücke ersahen, — so ist es nicht zu verwundern, dass auch das Hypostoma eine sehr verlängerte Gestalt erhalten hat, um erfolgreich an der Bildung und Action des Kauapparates theilnehmen zu können. Seine bilaterale Gestalt und Anlage geht noch deutlich aus der Natur des Vorderrandes hervor, der in der Mitte eine tiefe und scharfe Einbuchtung erkennen lässt. Auch zieht sich ein Kiel oder eine Furche der Länge nach in der Mittellinie von dieser Einbuchtung an die Basis (cf. Slimonia [Pterygotus] acuminata Salter).

Gehen wir nun einen Schritt weiter zurück am Körper der Pterygotus, so begegnen wir der bereits erwähnten Platte. Diese Platten kennen wir in verschiedener Gestalt von Pt. anglicus (Taf. XIV. Fig. 20), bilobus und Slimonia acuminata (Taf. XV. Fig. 27). Bei allen dreien bestehen sie aus einem Stück, — aber dennoch müssen wir annehmen, dass sie aus zwei ursprünglich getrennten Stücken nur zusammengewachsen sind. Dies wird uns sehr anschaulich, wenn wir die Structur und Bildungsweise der gleichnamigen Platte bei Limulus in's Auge fassen. Wir sahen, dass dieselben ursprünglich aus einer breiten Platte und einem daran befindlichen kleineren, inneren Anhange bestanden. Später gliedern sich beide, legen sich mit dem innern Rande nah an einander und verschmelzen schliesslich, wobei der innere Anhang bei Limulus freilich fast verschwindet. Liessen wir ihn aber fortbestehen, wie er es bei dem zweiten und den folgenden Plattenpaaren thut, so würde er an seinem innern Rande mit dem der andern Seite verschmelzen und einen mittleren, längeren Griffel mit jederseits einer breiten Platte herstellen, — grade das, was wir bei Pterygotus zu erkennen haben, wo auch noch sogar die Naht in diesem centralen Griffel stellenweise deutlich wird, bei einigen auch die Gliederung sowohl der Seitentheile, als der Centraltheile noch hervortritt.

In seinen letzten Mittheilungen beschreibt nun der Monograph der

1) Uebrigens wohl zu unterscheiden von dem Hypostoma der Trilobiten, welches vielmehr der Oberlippe entspricht.

Digitized by Google

Merostomata, Mr. H. WOODWARD noch Theile, welche er für die letzten Ueberreste der Kiemenblätter des Pterygotus hält. Dass nach alledem, was hier gesagt worden, die Anwesenheit von Kiemen, und zwar blattförmigen Kiemen, ein ebenso bestimmtes Postulat für die Organisation der Pterygotus bilden muss, wie die 6 Extremitäten des Kopfschildes, braucht nicht erst ausgesprochen zu werden. Nach Lage und Bildung zu schliessen, scheint es auch, dass WOODWARD wirklich diese Organe aufgefunden hat. Freilich sollen sie von den Kiemenblättern des Limulus darin abweichen, dass sie nicht, wie diese, wie die Blätter eines Buches über einander, sondern wie die Zähne einer Harke neben einander stehen, dass ferner in ihnen eine deutliche Verzweigung von Blutgefässen erkennbar sein soll. Wir müssen die Feststellung dieser Verhältnisse den Paläontologen überlassen; — vom morphologischen Standpunkte aus ist vorderhand nichts dagegen einzuwenden, dass es sich so, wie angegeben, damit auch in Wirklichkeit verhalten haben könne, wennschon jede mögliche Deutung dieser Gebilde, welche sie der Limulusgestalt näher führen könnte, unzweifelhaft beifälliger aufgenommen werden müsste.

Aber von wesentlicherer Bedeutung ist noch die Frage: bestand nur dies eine Plattenpaar, oder gab es noch mehrere? Lagen unter dem bekannten, bei den oben genannten Arten aufgefundenen noch andere Plattenpaare? Hierauf erhalten wir vorläufig noch keine bestimmte Antwort, — und doch müssen wir um so mehr auf diesen Punkt hinweisen, als es sehr bedenklich ist, anzunehmen, dass Limulus 5 kiementragende Gliedmaassen besessen habe, und dass an jeder Extremität 100—150 breite Kiemenblätter gesessen haben, Pterygotus aber, der mehr als noch einmal so gross und voluminös war, nur ein Paar mit an Zahl und Grösse sehr viel geringeren Kiemenblättern.

Diese Frage verbindet sich noch mit einer andern, über die Gestalt der auf das Kopfschild folgenden 12 Segmente und die Bedeutung der auf den ersten 6 derselben befindlichen Eindrücke jederseits neben der Mittellinie des Rückens. Wir wissen, dass auf dem Schwanzschilde des Limulus sich gleichfalls 6 Paar solcher Eindrücke vorfinden und haben aus der Anatomie und Entwicklung gelernt, dass denselben nach innen gehende Fortsätze der Rückenwandung entsprechen. An diese Fortsätze setzen sich Muskelbündel des grossen Flexor an, der Kopf- und Schwanzschild gegen einander beugt, ferner auch Bündel der Muskulatur, welche zur Bewegung der Plattenpaare dient. Einem anderen Zwecke dienen diese Fortsätze nicht. Wenn wir nun bei Pterygotus dieselben Eindrücke bemerken, in derselben Lage und Zahl wie bei Limulus, wenn wir uns zugleich der ursprünglichen Zusammen-

setzung des Schwanzschildes dieses letzteren aus 8 Segmenten erinnern, — so scheint es als wenn wir durchaus berechtigt wären, von der Existenz dieser Eindrücke auf das Vorhandensein der Fortsätze zu schliessen, von da auf die Beugemuskeln und auf die Plattenmuskeln, — und damit kämen wir denn auch auf die Platten und die daran befindlichen Kiemen selber.

In einem Aufsatze »On some points in the structure of the Xiphosura having reference to their relationship with the Eurypteridae« (Quarterly Journal of the Geological Society 1867. pg. 31) theilt uns übrigens Mr. H. Woodward mit, dass er das Vorhandensein dieser Branchialplatten nicht in Zweifel zöge. »This latter point«, heisst es a. a. O., »I think, is established on the evidence of specimens both in the Museum of Practical Geology and in the British Museum, showing two opercular-shaped plates associated together and evidently belonging to the same individual. One plate also exhibits two small rounded prominences, which, there can be little doubt, were ovarian openings.« Ebenso erscheint auf der noch nicht veröffentlichten Abbildung eines Stückes von Slimonia acuminata (dessen Mittheilung ich der Freundlichkeit des Verfassers, Mr. Woodward, verdanke) das Vorhandensein von wenigstens drei Plattenpaaren constatirt werden zu können; eine isolirte Platte lässt ausserdem die entschiedenste Aehnlichkeit mit denen des Limulus hinsichtlich der Gliederung erkennen. Mit Entschiedenheit behauptet aber das Vorhandensein von 6 Plattenpaaren Dr. Joh. Nieszkowski in seiner Schrift: »Der Eurypterus remipes aus den obersilurischen Schichten der Insel Ossel.« (Archiv für die Naturkunde Liv-, Ehst- und Kurlands erster Serie, Bd. II. 1858. pag. 299—344.) Dieser Autor behauptet mit grosser Bestimmtheit die nahe Zusammengehörigkeit des Eurypterus und Limulus, — ja, was sehr wichtig ist, er stimmt gleichfalls für die Annahme, dass Eurypterus wie Limulus 6 Gliedmaassenpaare am Kopfschilde besessen habe. Auf Seite 330 l. c. heisst es: »Beim Limulus sind ihrer sechs Paare vorhanden, beim Eurypterus habe ich nur fünf mit Bestimmtheit nachweisen können; doch möchte ich glauben, dass beim lebenden Thier noch ein sechstes vorderes Paar existirt habe, was auch unser Material in Rudimenten zeigt.«

Alle diese Fragen haben aber noch eine besondere Tragweite, wenn es sich darum handelt, eine Hypothese über die Lebens- und Fortbewegungsweise der Eurypteriden aufzustellen. Es scheint durchaus unmöglich, annehmen zu wollen, die Gliedmaassen des Kopfschildes hätten hingereicht, um diese Thiere auf dem Grunde des Meeres, kriechend, fortbewegen zu können. Erstlich sind sie viel zu klein, um

diese mächtige Last zu schleppen, — sie haben nicht einmal Raum genug, um eine entsprechende Muskulatur zu fassen. Dann aber ist ihr Insertionspunkt fast an der Spitze des langen, — zwischen 1—5 Fuss messenden — Körpers sicherlich kein Anzeichen dafür, dass sie der Ortsbewegung dienten. Zwar ist die letzte Extremität des Kopfschildes ein eigentlicher Ruderfuss, — und Eurypterus remipes (Taf. XIV. Fig. 21) hat dieserhalb seine Namen bekommen, — dennoch aber möchte ich aus nachfolgenden Erwägungen zu der Meinung kommen, diese Extremität verdiene viel mehr den Namen »Steuerfuss« als Ruderfuss. Wenn es nämlich als mechanisches Gesetz gelten muss, dass die Fortbewegung einer Last um so leichter und rascher geht, je näher dem Schwerpunkte die fortbewegenden Kräfte sich finden, so werden wir darauf zu rechnen haben, dass die eigentlichen ortsbewegenden Kräfte nicht am Kopfschilde der Eurypteriden, sondern an den mittleren Körpersegmenten sitzen. Und da für ein im Wasser lebendes Thier, — es mag noch so viel auf oder gar in dem Meeresgrunde sich aufhalten, — Schwimmorgane die wesentlichsten Fortbewegungsmittel sind, so werden wir auch in den Plattenpaaren des Mittelleibes der Eurypteriden nicht nur die Träger der Athmungsorgane, sondern auch die Locomotions-Organe zu erblicken haben. Dann erklärt sich auch ohne Zwang das Verwachsen der Platten eines Paares am inneren Rande, weil dadurch eine grössere Fläche hergestellt und eine stärkere Wirkung gegen das Wasser ausgeübt werden kann. Auch die Breite und Stärke der die Platten tragenden Segmente gewinnt auf diese Weise eine klärende Begründung, da sie eine viel bedeutendere Muskulatur zu beherbergen hatten, als wenn sie nur Träger von Kiemenplatten gewesen wären. Ueberdies zeigt die Structur der Platten bei Eurypterus remipes dieselbe Schuppenbildung wie die übrigen Wandungen des vorderen Körpertheils, woraus auf eine nicht unbeträchtliche Stärke und Resistenz derselben zu schliessen ist, was unnöthig gewesen wäre, hätte es sich nur darum gehandelt, Kiementräger herzustellen, welche durch Auf- und Niederklappen die zum Gasaustausch nöthige Bewegung und Veränderung des Wassers hervorgebracht hätten. Waren aber diese Klappenpaare wirklich die Locomotionsorgane, so wird durch ihr Verwachsensein ein besonderes Steuerorgan um so mehr von Nöthen, und es ist wohl nicht ungegründet, wenn wir hier die eigentliche Function des letzten Extremitätenpaares des Kopfschildes zu erkennen glauben, falls die Bewegung des hinteren Körpertheils nicht allein schon hingereicht haben sollte. Keinenfalls dürfen wir übrigens die Eurypteriden für gute Schwimmer halten; wahrscheinlich wird ihr Schwimmen verbunden gewesen sein mit einem wühlenden Durchsuchen des

schlammigen Meeresgrundes, wobei das Kopfschild mit seinen Extremitäten das Suchen und Fangen der im Schlamme steckenden Thiere betrieben haben wird, der Mittelleib aber mit den Plattenpaaren die langsame Fortbewegung bewerkstelligte und zugleich für die hinreichende Athmung sorgte.

Nach alledem bleibt immer noch ein wesentlicher Unterschied zwischen den Eurypteriden und Limulús bestehen, nämlich die grössere Zahl von Segmenten bei den ersteren. Müssen wir nämlich den Schwanzstachel des letzteren mit dem letzten Segmente oder Telson der Pterygotus gleichsetzen, — und das scheint das Richtige zu sein, — so fehlen dem Limulus noch 4 Segmente, die den Eurypteriden durchgehends zuzukommen scheinen. Hat Limulus oder seine directen Vorfahren, Bellinurus, Prestwichia und Aehnliche dieselben besessen oder nicht? und wenn so: wie und warum hat er sie verloren?

Dass der Körper des Limulus Verkürzungen erfahren hat, scheint aus der Natur des Schwanzschildes hervorzugehen, das seine ganze Existenz überhaupt nur einem solchen Processe der Verkürzung und Verwachsung dankt. In Prestwichia und Bellinurus sind uns noch die Formen aufbewahrt, welche die unverwachsenen Segmente zeigen, — und es scheint als ein ausnahmloses Gesetz zu gelten, dass segmentarisch gebildete Körpertheile ursprünglich aus identischen Abschnitten bestanden, ehe sie aus Gründen veränderter Lebensweise Verschiedenheiten in der Bildung dieser Abschnitte aufzeigten. Waren also die Segmente des jetzigen Schwanzschildes beim Limulus ursprünglich gleich, oder wenigstens einander viel ähnlicher in Dimension und Gestalt als jetzt, so kommen wir von selbst auf Formen, wie wir sie bei den Eurypteriden noch heute sehen. Nun findet sich aber bei diesen letzteren 1 Segment, das, ohne Platten zu tragen, — ich folge hierin den Angaben Nieszkowski's, — dennoch die Form der vorhergehenden Segmente mehr erkennen lässt, als die dann folgenden. Andererseits sehen wir auch bei den Larven des Limulus, dass nicht alle Segmente des späteren Schwanzschildes Extremitäten-tragende werden, sondern dass nur 6 Plattenpaare auf 8 ursprüngliche Segmente sich finden — mithin zwischen dem letzten Plattenpaare und dem Schwanzstachel 2 Segmente noch mitten inne liegen. Diese Segmente haben offenbar gar keine Bedeutung mehr für den Haushalt des Thieres, — es könnte ohne sie vollkommen so gut leben, sie stehen auf der Werthstufe rudimentärer Organe. So mag es vorher schon den vielleicht vorhanden gewesenen weiteren 4 Segmenten gegangen sein, die wir bei den Eurypteriden finden und die in Folge dessen bei Limulus

ausgefallen sind, — und wir kämen dann für Limulus, Pterygotus, Slimonia, Eurypterus etc. etc. auf gemeinsame Vorfahren, die freilich im Allgemeinen den Eurypteriden ähnlicher gewesen wären, als den Poecilopoden von heute oder aus dem Lias.

Fragen wir aber nach dem Grunde der vorgegangenen Verkürzung in dem Körper des Limulus, so werden wir denselben jedenfalls nur in einer veränderten Lebensweise zu suchen haben. Nach Dr. Lockwood's Angaben scheint es, als wenn Limulus überhaupt nicht mehr schwämme, sondern nur kriechend und wühlend sich fortbewege. Das würde uns dann begreiflich machen, wie der Schwerpunkt des Körpers aus dem Mittelleibe nach vorn in das Kopfschild verlegt worden ist, und eine Verkürzung und Verschmälerung der Segmente dieses, jetzt zum Schwanzschilde gewordenen Mittelleibes eintreten musste. Denn wenn die Plattenpaare nicht mehr für die Ortsbewegung, sondern nur für die Bewegung der Kiemenblätter vorhanden sind, — und das scheint wohl der Fall zu sein — so brauchten sie nicht so starke Consistenz ihrer Wandungen, nicht so bedeutende Muskelmassen zu ihrer Bewegung, und keine so bedeutenden Insertionsflächen für diese Muskelmassen. Auf der andern Seite musste die veränderte Lebensweise aber nicht nur negativ verändernden Einfluss auf die Körpergestalt ausüben, sie musste ihn auch in neue Verhältnisse fortbildend entwickeln. Ward die Körpermuskulatur, die Flexoren und Extensoren des Kopfschildes und der verkürzten Segmente des Mittelleibes, eines der Hauptmittel zur Fortbewegung und zur erfolgreichen Nahrungsbeschaffung, so wird es begreiflich, dass das Kopfschild selbst stark und für bedeutende Muskelmassen eingerichtet wird, andererseits auch, dass aus den Segmenten des Mittelleibes eine feste, den Muskeln bedeutende Resistenz entgegensetzende Platte oder Schild sich herausbildete, die Segmente aber, welche hiezu vielleicht von vornherein sich nicht mehr eigneten oder überflüssig waren, sobald nicht mehr geschwommen wurde, ausfielen.

Manche Autoren haben die Meinung ausgedrückt, in dem Schwanzstachel eine Verwachsung von Segmenten erblicken zu dürfen, — dem steht aber das einfache Factum entgegen, dass die Afteröffnung dicht vor der Einlenkung des Stachels in dem Schwanzschilde gelegen ist, — mithin der Stachel nur als Telson in Anspruch genommen werden kann, wenn man diesen ursprünglich bei den Amphipoden zuerst gebrauchten Ausdruck überhaupt zur Bezeichnung zulassen will. —

Wenn wir aber so die Zusammengehörigkeit des Limulus mit den Gigantostraken, die ja schon von mehreren Forschern sehr stark betont wurde, nach morphologischen Gesichtspunkten zweifellos

gemacht zu haben glauben, so fragt es sich: müssen wir nun hier stehen bleiben? Giebt es keinen Schritt weiter zurück in die Urzeit der Erde, zu dem uns die hier behandelten Thierformen Führer sein könnten? Der nächste Abschnitt soll versuchen, darauf zu antworten.

Limulus und die Trilobiten.

Seit langer Zeit ist es ein den Paläontologen und Morphologen gemeinsames Problem, die Organisation und die systematische Stellung der Trilobiten, dieser ältesten aller Versteinerungen, — wenn wir von Eozoon canadense einmal absehen — auszukundschaften. Eigenthümliche Schwierigkeiten haben bis auf den heutigen Tag gewirkt und die Lösung dieser Aufgabe erschwert. Auffallenderweise liessen nämlich die paläontologischen Befunde über eine der wichtigsten Thatsachen für die Entscheidung dieser Frage im Dunkeln. Trotz der vielen Tausende von Trilobiten, die von den cambrischen Schichten an bis über den Devon hinaus gefunden worden sind, besass man doch kein einziges Stück, welches eine Spur von Extremitäten offenbart hätte. Man verfiel schon den abenteuerlichsten Vermuthungen über die Fortbewegungsweise der Trilobiten, indem man annahm, dieselben hätten überhaupt keine Extremitäten gehabt, sie hätten sich mit dem Hypostoma, einer Art Oberlippe, auf dem Meeresgrunde fortgeschleppt, — weil man es sich eben gar nicht vorstellen konnte, dass die etwa vorhanden gewesenen Extremitäten bei dem Fossilwerden sollten gänzlich abhanden gekommen sein. Dass die Trilobiten auch aus dem Bereiche der Arthropoden heraus zu den Mollusken, besonders in die Nähe von Chiton gebracht wurden, ist seit Latreille freilich nicht wieder geschehen, — aber über ihren eigentlichen Platz innerhalb der Gliederthiere ist man noch immer nicht im Reinen, — und wir werden sehen, dass diese Unsicherheit in der Natur der Sache liegt.

Von allen Bearbeitern der Gruppe besass die ausgebreitetsten zoologischen Kenntnisse unstreitig Burmeister. So ist denn auch sein Werk »Die Organisation der Trilobiten aus ihren lebenden Verwandten entwickelt«, wennschon es im Jahre 1843 erschien, noch heute die eigentliche Grundlage für alle morphologischen Speculationen, deren Gegenstand die Trilobiten seitdem geworden sind. Da auch die musterhafte Monographie Barrande's in dem ersten Bande des »Système silurien de la Bohême« in consequenter Selbstbeschränkung nach keiner Seite hin den Boden des unmittelbar Beobachteten aufgiebt, und bezüglich der zoologischen Gesichtspunkte sich hauptsächlich an Burmeister anschliesst,

Digitized by Google

da ferner auch Mr. SALTER in seinem »Monograph of British Trilobites« nur vorübergehend das Problem der systematischen Stellung der von ihm dargestellten Fossilien berührt, — so haben wir es hier eigentlich nur mit den Erörterungen zu thun, welche BURMEISTER in dem zweiten Capitel seiner angeführten Schrift unter der Ueberschrift »Beziehung der Trilobiten zu den jetzt lebenden Gliederthieren« pag. 35—60 niedergelegt hat.

Die theoretische Grundlage des zoologischen Forschens damaliger Zeit war nun freilich von der heute im Aufstreben begriffenen Richtung weit verschieden. Zwar galt es seit CUVIER für eine dringende Aufgabe, die Beziehungen der fossilen Thiere zu den heute lebenden durch genaue Anatomie der lebenden und daran geschlossene Vergleichung der entsprechenden Theile der fossilen festzustellen, allein das Axiom vom Typus und seiner verschiedenartigen Entfaltung in den verschiedenen Schöpfungsperioden musste doch nothwendiger Weise auf die Lösung dieser Aufgabe einen anders bestimmenden Einfluss ausüben, als wir mit zu Grundelegung des theoretischen Gedankens der Abstammungslehre zu gewärtigen haben. BURMEISTER wird von der Ansicht geleitet, »dass die untergegangenen Organismen älterer Perioden nicht in das System der lebenden hineinpassen, sondern mit einzelnen Charakteren mehr oder weniger von dem Ideengange, welcher der jetzigen Schöpfung zum Grunde liegt, abweichen. Ferner »dass die organische Natur unseres Erdkörpers zwar von vornherein nach ein und demselben Plane geschaffen wurde, dass aber die Ideen der verschiedenen Organismen anfänglich keineswegs so klar und bestimmt gefasst waren, wie sie in ihren heutigen Repräsentanten uns erscheinen, vielmehr die verschiedenen Eigenschaften gleichwerthiger Gruppen mit einander verschmolzen auftreten und eine Form ergeben, die gleichsam im unverarbeiteten Zustande die mancherlei Eigenschaften vereint besitzt, welche heutzutage als sehr wichtige Gruppenunterschiede stets nur von einander gesondert angetroffen werden.« Der metaphysische Hintergrund dieser Aussprüche verhindert, dass ihre Anwendung die nach unserer heutigen Meinung thatsächlich bestanden habenden Verhältnisse träfe: wir können schwerlich damit einverstanden sein, in den Trilobiten die verschiedenen Eigenschaften der heutigen Crustaceen mit einander verschmolzen zu erkennen; unsere Anschauungsweise verlangt eine speciellere Rückführung der einzelnen Theile auf einander und den Nachweis, dass keine Unvereinbarlichkeiten übrig bleiben dürfen, falls wir die Ableitung der Einen von den Andern als geschehen annehmen sollen.

Auf Seite 52 des angeführten Werkes spricht BURMEISTER sein Ur-

theil im Speciellen nun folgendermaassen aus: »Die Trilobiten bilden eine eigenthümliche, den heutigen Phyllopoden am meisten verwandte Krebsfamilie, welche sich zunächst an die Gattung Branchipus anschliesst und in gewisser Beziehung die Lücke ausfüllen dürfte, welche in der heutigen Formenreihe der Krebse zwischen den Phyllopoden und Poecilopoden angetroffen wird.«

Falls wir uns diesem Urtheil anzuschliessen hätten, würde uns vor Allem die Frage im Wege stehen: lassen sich die Trilobiten vom Nauplius ableiten? Ihre Bejahung oder Verneinung wäre ausschlaggebend. Wäre nun noch ein Trilobit lebend übrig geblieben, so könnte man hoffen, durch das Studium seiner Embryologie sofort in's Klare gebracht zu werden. Aber auch ohne das ist man doch nicht ganz ohne alle Aufschlüsse über die Entwicklung dieser Thiere geblieben, da es durch die unermüdlichen Nachforschungen Barrande's geglückt ist, die Entwicklungsstadien mehrerer Trilobiten bis zu einer Kleinheit von 1 Millim. in ziemlich gut erhaltenen Abdrücken untersuchen zu können. So kennen wir nun die jüngsten Formen von Sao hirsuta (Taf. XV. Fig. 26), Trinucleus ornatus (Taf. XV. Fig. 25), Dalmanites Hausmanni, Arethusina Koningki, verschiedenen Agnostus und eine grosse Zahl von Entwicklungstadien anderer Trilobiten, die aber offenbar schon weiter von dem Anfangsstadium entfernt sind. Leider aber sind wir damit nicht viel gefördert worden, denn bereits die jüngsten Stadien der Sao, des Trinucleus etc. lassen auf das Deutlichste die Anlage des Trilobitenkörpers erkennen, ohne uns im Geringsten eine Andeutung zu gewähren, welche Bildungen ihm wohl vorausgegangen seien. Wir sind da in derselben Lage, als wären uns von allen Crustaceen keine andern Formen übriggeblieben als die Amphipoden und Isopoden mit ihrer völlig unterdrückten Verwandlung, ohne eine Spur von Nauplius-, Phyllopoden- und Schizopoden-Stadium, die sie doch alle, — wie ich im weiteren Verlaufe meiner Darstellung der Geschichte des Krebsstammes darthun werde, — durchgemacht haben. Durch die Amphipoden und Isopoden würden wir niemals eine Vorstellung von all diesen Larvenstadien, die eben so viel phyletische Entwicklungstufen des Krebsstammes bedeuten, gewonnen haben. — wir würden dieselben vielleicht als eine an das Wasserleben angepasste, aberrirende Form der Myriapoden ansehen, — jedenfalls würden wir auf keine Weise ihre wirkliche Stammesgeschichte haben enträthseln können. So geht es uns nun leider auch mit den Trilobiten. Die kleinste Form der Sao hirsuta oder des Trinucleus ornatus ist von der Gestalt eines Nauplius ebensoweit entfernt wie ein aus dem Ei gekrochener Asellus oder Gammarus; — und

könnten wir nicht durch Reduction des Asellus auf Cuma, von Cuma auf andere Schizopoden und Decapoden den Nachweis führen, dass die aus den Larvenstadien dieser letzteren ableitbaren phyletischen Entwicklungsstadien auch den Amphipoden und Isopoden haben zukommen müssen, — wir wären vielleicht für immer mit der Ableitung dieser Krebse auf einem unauflöslichen Probleme stehen geblieben.

Fast scheint es, als sollte uns diese Eventualität mit den Trilobiten bereitet werden.

Da ging kürzlich eine Notiz durch wissenschaftliche Journale, dass endlich ein Trilobit mit noch deutlich erkennbaren Resten von Extremitäten entdeckt worden sei. Der glückliche Entdecker sei Mr. E. Billings und das Stück, an dem die Entdeckung gemacht, ein Asaphus platycephalus (Taf. XIV. Fig. 24) aus dem Trenton Limestone von Ottawa in Nord-America. Durch die Gefälligkeit meines Freundes Mr. H. Woodward bin ich wiederum in den Stand gesetzt, den Aufsatz, welchen die Mittheilungen Mr. Billings sowie die Abbildung des Asaphus platycephalus enthält, zu benutzen. Er findet sich in den »Proceedings of the Geological Society of London 1870« pag. 479—486, unter dem Titel: »Notes on some specimens of Lower Silurian Trilobites«, und ist gefolgt von einem anderen Aufsatze aus der Feder Mr. Woodward's: »Note on the Palpus and other Appendages of Asaphus from the Trenton Limestone in the British Museum«.

Folgendes hat Mr. Billings gefunden.

»Auf der Unterseite des Asaphus erstreckt sich eine breite, flache Vertiefung von der Stelle zwischen den beiden Zipfeln des Hypostoma, wo wir die Lage der Mundöffnung vermuthen dürfen, nach rückwärts die Mittellinie entlang bis zu dem Pygidium. Dieselbe entpricht in der Lage dem Sternum der gewöhnlichen Krebse. Die Beine sind in 8 Paaren vorhanden, deren Basen für jedes Paar genau unter einem der 8 Thoraxsegmente liegen, zu den Seiten der sternalen Furche.

»Die Beine des ersten Paares sind besser erhalten, als die übrigen. Sie krümmen sich nach vorwärts und können bis zu einem Punkte verfolgt werden nahe an der äusseren Kante des Auges, oder vielmehr, zwischen dem Auge und der Aussenseite des Kopfes. Die andern 7 Paare folgen in durchschnittlicher Entfernung von $2^1/_2$ Linien von einander. Die 8 Paare nehmen so über 20 Linien der Länge der Unterseite ein. Grade dies ist aber die Länge der Oberseite des Thorax, und ausserdem besitzt dieser Trilobit grade 8 Thoracalsegmente. So scheint also auf jedes Segment ein Gliedmaassenpaar zu kommen. Obwohl nun einige derselben sehr unvollständig sind, und die zurückgebliebenen

Digitized by Google

Theile etwas verschoben erscheinen, so kann doch bei genauerem Untersuchen wahrgenommen werden, dass sie alle nach vorn gekrümmt sind und darum wohl eher als Schreit-, denn als Schwimmorgane angesehen werden müssen.

»Es scheint, als ob jede dieser Extremitäten aus mehreren Gliedern bestanden habe; die genaue Zahl derselben kann aber nicht festgestellt werden. Die ersten 4 Gliedmaassen der linken Seite zeigen jedenfalls ganz deutlich wenigstens 2 Glieder, das Eine 5‴ von der mittleren Vertiefung entfernt, das Andere noch 3‴ weiter. Die Lage jedes derselben ist durch eine kleine Vorragung bezeichnet. Auf der rechten Seite sind die erhaltenen Theile der Beine länger und erweisen so eine grössere Zahl von Gliedern, obschon man sie nicht deutlich unterscheiden kann. Ich glaube, jedes Bein bestand aus wenigstens 4 oder 5 Gliedern.

»An dem Pygidium finden sich 3 kleine ovale Höcker, in einer Linie gelegen; sie scheinen organischer Natur zu sein. Wenn das der Fall ist, so stellen sie vielleicht Fortsätze vor, an welchen Kiemenfüsse befestigt waren.

»Die Länge des Stückes beträgt $4\frac{1}{2}''$, die Breite $2\frac{1}{2}''$. Von der Seite gesehen beträgt die Höhe des Kopfes gerade hinter den Augen 9‴, gegen die Mitte des Thorax zu gegen 7‴. Die Tiefe der inneren Höhlung des hinteren Kopftheiles beträgt 7‴, und an dem letzten Thoral-Segment 4‴. Somit ist die Ebene, in welcher die Beine gelegen sind nicht so niedrig wie die Enden der Pleuren. Die Eingeweidehöhle ist somit über $\frac{1}{3}$ geringer als die ganze Masse des Thieres.«

Soweit Mr. Billings. Das Stück, an welchem der entscheidende Fund gemacht war, ist der Geological Society von London vorgelegt worden, und Mr. Woodward hat darüber bemerkt (l. c. p. 486): »dass unzweifelhaft die Anwesenheit von Schreitbeinen auf der Unterseite des Thorax bewiesen wäre. Die Anwesenheit solcher Gliedmaassen hätte a priori erschlossen werden können; die Beschaffenheit der Schale mache es wahrscheinlich, dass die Trilobiten schreitende, nicht schwimmende Isopoden seien. Die Kiemen hätten wahrscheinlich unter dem Telson gesessen, daher sei dieses so gross.«

Mr. Woodward beschreibt dann einen Abdruck von einem Asaphus, an dem er eine Maxille mit einem 8gliedrigen Palpus entdeckt zu haben glaubt, »grade zur Seite des Hypostoma, in einer Stellung, die sie bei Lebzeiten des Thieres eingenommen haben muss, — wie bei Apus oder Serolis«.

Ein dritter Punkt endlich betrifft die sogenannten »Pander'schen Organe«, kleine Höcker, die sich auf der Unterseite der Seitentheile

Digitized by Google

aller Thoracalsegmente nahe am Aussenrande vorfinden. Mr. Billings glaubt ebenso wie Dr. Volborth und Dr. Eichwald in ihnen die Anheftungspunkte von Schwimmbeinen erkennen zu dürfen. Woodward bemerkt dagegen mit Recht, dass kein Kruster bekannt sei, der 2 Paar Extremitäten an einem Segment trüge, dass mithin, wenn die wahren Gliedmaassen neben der Mittellinie des Körpers eingelenkt seien, diese Höcker vielleicht die Fulcra vorstellten, an denen sich die Pleuren bewegten.

Wie aus allen diesen Mittheilungen hervorgeht, haben wir es also mit einer neuen Phase der Trilobiten-Interpretation zu thun. Freilich müssen wir uns gleich von vorn herein mit grösster Bestimmtheit gegen dieselbe erklären. Der Grund dafür ist folgender.

Schon im vorigen Capitel dieser Arbeit musste darauf hingewiesen werden, dass innerhalb der Malacostraken der alle die mannichfaltigen Formen zusammenhaltende, gemeinsame Charakter die Beständigkeit der Segmentenzahl sei. Wir zählen im ganzen 19 Segmente in dieser grössten der gegenwärtig lebenden Krebsabtheilungen. Die Vergrösserung dieser Zahl um 2 weitere Segmente erscheint uns, in Verbindung mit einigen andern Kennzeichen, sogar hinreichend, Nebalia von derselben auszuschliessen, wennschon ihre Entwicklungsgeschichte beweist, dass sie in die allernächste genealogische Berührung zu Mysis und den Schizopoden treten muss. Die Entwicklungsgeschichte liefert aber fernerhin den unzweifelhaften Nachweis, dass wir die Isopoden als die allernächsten Verwandten einer kleinen Decapodenfamilie anzusehen haben, — nämlich der Cumaceen. (Vergl. meine Darstellung im V. Bande der Jenaischen Zeitschrift für Med. u. Naturw.) Die Decapoden mitsammt den Cumaceen sind aber als Nachkommen der Schizopoden, diese als Producte der Phyllopoden anzusehen. Sagen wir also, die Trilobiten seien Isopoden, so heisst das mit andern Worten, sie seien Nachkommen von Cumaceen-artigen Decapoden, von Schizopoden, von Phyllopoden. Für Phyllopoden erklärte sie nun zwar Burmeister und die Meisten seiner Nachfolger, — aber es war einer der wesentlichsten Gründe der, dass sie wie die Phyllopoden eine durchaus veränderliche Segmentenzahl besässen. Sollen sie aber von den Phyllopoden durch die Decapoden hindurch wieder zu einer schwankenden Segmentenzahl gekommen sein, nachdem sie als Decapoden nur 19 besessen hatten? Das erscheint nach morphologischen Maximen wenig glaubhaft. Gesetzt aber, man erwiderte uns, die Ableitung der Isopoden von Decapoden sei nicht richtig, wir hätten die Isopoden vielmehr aus den Trilobiten herzuleiten und anzunehmen, dass

diese sich zu ihnen verhielten, wie die Phyllopoden zu den Decapoden, dass aus einer schwankenden Segmentenzahl allmählich die festgeschlossene von 19 für die heutigen Isopoden sich herausgebildet habe, wie die feste Segmentenzahl der Decapoden aus der schwankenden der Phyllopoden. Darauf wäre einfach mit dem Hinweis auf die, wie es scheint, unwiderlegliche, von der Entwicklungsgeschichte hinreichend nachgewiesene Verwandtschaft der Isopoden mit den Cumaceen zu antworten, auf die vielen und schwerwiegenden Uebereinstimmungen in der inneren Organisation, auf die Identität der Brusttaschenbildung von Isopoden, Amphipoden, Cumaceen und Schizopoden, — kurz auf all das, was heutzutage nach klarer theoretischer Einsicht und in der Praxis bewährter Methode zu morphologisch-genealogischen Resultaten geführt hat und allein führen kann.

Aber auch bei rein äusserer Vergleichung der Trilobiten mit den Isopoden ergeben sich so viel Unterschiede, dass es wohl für im höchsten Maasse gewagt erklärt werden muss, auf das einzige, so sehr mangelhaft erhaltene Stück der Unterseite des Asaphus platycephalus ein solches Urtheil über die systematische Zugehörigkeit der Trilobiten gründen zu wollen, wie denn ja auch schon Burmeister, auf solche rein anatomische Vergleiche gestützt, jeden Versuch der Art zurückgewiesen hat (vergl. pag. 38 ff. seiner Schrift).

Sehen wir also einmal völlig von den bisher geäusserten Ansichten ab und suchen wir die Verwandten der Trilobiten da, wo uns die Maxime von der Parallele embryologischer und palaeontologischer Entwicklung sie zu suchen anweist, so treten wir unmittelbar in die Consequenzen unserer obigen Untersuchung ein und haben als den einzigen, nachweisbaren Verwandten der grossen ausgestorbenen Ordnung den Limulus zu erkennen.

Auch auf diese Verwandtschaft ist schon von früheren Autoren hingewiesen worden. Wenn man aber damit nicht durchzudringen vermocht hat, so liegt die Schuld wohl wesentlich an der mangelnden Unterstützung der Embryologie des Limulus, die wir jetzt für diese These vollgültig in's Feld führen können. So haben auch schon meine beiden Vorgänger in der Bearbeitung dieser Entwicklungsgeschichte, Dr. Lockwood und Dr. Packard, mit vollem Rechte auf dieses wichtigste Ergebniss derselben hingewiesen, und in der Heranziehung der Trinucleusgestalt gewiss diejenige ausgewählt, welche am unzweideutigsten für die Richtigkeit dieses Vergleiches spricht.

Indem wir dasjenige Stadium der Limulus-Embryonen, welches wir oben mit dem vorausgreifenden Namen Trilobitenstadium belegten,

Digitized by Google

mit einem gleichfalls nicht voll entwickelten Trinucleus (Taf. XV. Fig. 25) zusammenhalten, wie ihn uns etwa die Taf. 30. Fig. 44 oder 50 von Barrande's grosser Monographie zeigen, wenn wir es mit Taf. 7. Fig. 5 desselben Werkes, einer jungen Sao hirsuta (Taf. XV. Fig. 26) vergleichen, so ist in der That kein irgendwie durchgreifender Unterschied zu erkennen, — abgesehen davon, dass dem Trinucleus die Augen fehlen, was aber bekanntlich bei der grossen Mehrzahl der Trilobiten nicht der Fall ist. Wir sehen bei beiden ein grosses Kopfschild, welches den hinteren Theil des Körpers an Breite und Volumen wesentlich übertrifft, und eben diesen hinteren Theil aus einer Anzahl von Segmenten bestehend, die nach hinten zu kleiner werden. Wir sehen fernerhin, dass die Eigenschaft, welche den Trilobiten ihren Namen verschafft hat, die äussere Gliederung ihrer Segmente in drei Theile, genau in derselben Weise bei den Larven des Limulus wiederkehrt, wir erkennen in den grossen seitlichen Augen beider identische Theile, — somit sind also die eigentlichen Grundlagen der Körperbildung für das in Rede stehende Larvenstadium des Limulus und die Trilobiten dieselben.

Andererseits ist es durchaus nicht zu verwundern, wenn sich auch beträchtliche Unterschiede einstellen. So ist von jener auffallenden Structur der Glabella (Taf. XIV. Fig. 23) beim Limulus an dem entsprechenden centralen Theil des Kopfschildes nichts zu sehen. Es kann aber keinem Zweifel unterliegen, dass diese beiderseitigen Querfurchen der Glabella durch eine innere Cristenbildung hervorgebracht wird, die ihrerseits wieder als Insertionspunkte für die Muskulatur der Kopfschildgliedmaassen dienen und von deren Stärke in ihrer Grösse bedingt wird. Dass diese Verhältnisse also wandelbar sind, und keine tiefere Nothwendigkeit besitzen, das ergiebt sich nicht nur aus dieser Erwägung, sondern auch aus dem Vorhandensein einer Reihe von Trilobitenarten, deren Glabella nicht mit den tiefen Furchen versehen ist. Sonach kann also auch der Mangel derselben beim Limulus nicht als etwas fundamental Trennendes angesehen werden.

Wichtiger ist das anscheinend sichere Factum, dass die Trilobiten ausser den beiden grossen seitlichen Augen keine Spur von kleinen centralen Augen besessen haben. Es wäre zwar nicht undenkbar, dass diese kleinen Linsen beim Fossilwerden der Schale unkenntlich geworden seien, aber erstlich hat man sie doch bei den Pterygotus und Eurypterus nachgewiesen, wo sie ebenso gut hätten zu Grunde gehen können, und zweitens sind Texturverschiedenheiten der Trilobitenschalen erhalten worden, die noch um vieles minutiöser sind, als die beiden Linsen der Centralaugen des Limulus.

Digitized by Google

Was dann die vielbesprochenen und für die Artenunterscheidung der Trilobiten sehr wichtigen Suturen des Kopfschildes anbelangt, so darf es wohl ebenfalls nicht erstaunen, wenn dieselben beim Limulus nicht in derselben Art angetroffen werden. Wir wissen freilich nicht, ob die sogenannte »grosse« Sutur (Taf. XIV. Fig. 23 *a*), welche von den Stirnlappen der Glabella herum nach beiden Seiten zu den Augen und hinter denselben an den Aussenrand sich begiebt, wirklich eine Trennung des Kopfschildes hervorgebracht habe, die es den durch sie geschiedenen Theilen ermöglicht habe, sich gegen einander, in wenn auch noch so geringem Maasse zu bewegen. Aber selbst wenn es der Fall wäre, so würde daraus auch nichts weiter zu folgern sein, als dass die Verschmelzung der in das Kopfschild eingegangenen Segmente nicht so durchgreifend erfolgt sei, wie später beim Limulus. Es erscheint mir aber sehr fraglich, ob die Suturen eine solche Bedeutung besitzen.

Vergleichen wir ferner die Structur der einzelnen Segmente, die auf das Kopfschild folgen, so treffen wir die Dreitheilung genau bei dem Einen wie bei dem Andern. Der centrale Abschnitt ist schmäler als die lateralen, zugleich aber stärker gewölbt, wo sich die seitlichen Stücken an den centralen anschliessen, bildet eine innere Crista zur Anheftung für die Beugemuskeln und für die Insertion der Extremitätenmuskeln. Solchen Cristen begegnen wir auch, — wenn auch nicht in so ausgebildeter Form — bei den Trilobiten, und es ist also sehr wahrscheinlich, dass sie gleichfalls einer ähnlichen Muskulatur zum Ansatzpunkt dienten. Barrande spricht ferner von einer »partie interne und externe de la Plèvre«, dieselben Theile lassen sich ebenso an den Segmenten des Schwanztheiles der Limuluslarve unterscheiden; der innere ist etwas gewölbter als der äussere, welcher letzterer später zu dem Limbus verschmilzt, wenn sich dieser ganze Körperabschnitt zu dem Schwanzschilde umwandelt.

Ob wir ferner den Schwanzstachel für das letzte Segment des Pygidiums der Trilobiten halten dürfen, das erscheint um so weniger zweifelhaft, als wir wohl berechtigt sind, da, wo ein eigentliches, aus vielen Segmenten in Eins verschmolzenes Pygidium nicht vorkommt, die Afteröffnung in dem vorletzten Segmente zu vermuthen, und daran nur noch ein letztes, dem Telson vergleichbares, sich schliessen lassen. Die Entwicklungsgeschichte des Limulus scheint dies zweifellos zu machen.

Wenn wir nun aber so weit in der Rückführung des Limulus auf die Trilobiten gegangen sind — was ergiebt sich daraus für die brennende Frage nach der Natur der Extremitäten dieser Letzteren?

Die Frage wird sich kaum genügend beantworten lassen. Das

einzige Organ, das uns auf der Unterseite der Trilobiten zugänglich geworden ist, ist das Hypostoma, — die Oberlippe. Aber sie ist wesentlich von dem Organe verschieden, was wir bei Limulus gesehen haben. Dort ist die Oberlippe ziemlich klein und unbedeutend, im Vergleich zur Grösse des Kopfschildes fast verschwindend. Hier, bei den Trilobiten im Gegentheil, ist sie von mächtiger Entfaltung, zeigt die verschiedenartigsten Gestalten und Sculpturen und bedeckt unter Umständen ein Drittel der ganzen Unterfläche des Kopfschildes. Es ist also nicht anders möglich, als dass diese so sehr verschiedene Oberlippe auch einen wesentlichen Einfluss auf die Gestaltung der eigentlichen Mundwerkzeuge gehabt habe. Setzen wir z. B. voraus, dass dieselbe wie beim Limulus an ihrer Basis das vorderste Extremitäten-Paar getragen habe, so müssten wir die übrigen mit ihren basalen Kaustücken zwischen der Unterseite der Oberlippe und der Körperwandung vermuthen. Darauf hin würde auch die Cristenbildung der Glabella weisen, da sicherlich die Muskeln der Kauwerkzeuge so kurz und gedrungen als möglich gewesen sind. Ob nun die von H. Woodward beschriebene und als Maxille gedeutete Platte mit dem 8-gliedrigen Anhange den letzten Rest dieser Kauorgane in Wirklichkeit bildet, muss noch weiteren Bestätigungen vorbehalten bleiben, — unwahrscheinlich ist es wohl nicht, wenn man sich der Plattenbildung erinnert, welche die Kaustücke der Pterygotusgliedmaassen charakterisirt.

Ueber die Zahl der so vorauszusetzenden Mundorgane sind wir wiederum rein auf Analogieen angewiesen. Wie viel Segmente sind in die Bildung des Kopfschildes der Trilobiten eingegangen? So viel Extremitäten werden wir auch wohl vorauszusetzen haben. Die Glabella scheint auf 5 Cristenpaare eingerichtet zu sein, — somit hätten wir also Ansatzpunkte für 5 Paar von Extremitätenmuskulatur. Aber wir vermutheten schon vorher, dass das erste Gliedmaassenpaar wie beim Limulus an der Basis der Oberlippe, — hier dem Hypostoma, — eingelenkt gewesen sei, und wenn wir einen vergleichenden Blick auf die Tafeln 2 A, 2 B und 3 des Barrande'schen Werkes werfen, so bemerken wir auch an vielen dieser Organe an der Basis jederzeit eine Ausbuchtung oder Höhlung, die recht gut für die Einlenkung einer solchen Extremität hätte bestimmt sein können. Das wäre denn also die sechste gewesen, und die Identität mit der Bildungsweise beim Limulus wäre hergestellt.

Soweit scheint es also ohne Schwierigkeiten zu gehen. Aber wie steht es nun mit der Unterlippe! Gab es eine oder gab es keine? Wir sahen beim Limulus dies Organ schon in ziemlich beträchtlicher Grösse, bei den Eurypteriden gar in ausserordentlicher Entfaltung,

— können wir annehmen, dass die Trilobiten desselben entbehrt haben? Es erscheint nicht glaublich, — aber dennoch sind wir nicht im Stande, etwas Bestimmtes darüber zu sagen.

Noch schwieriger wird die Frage: welcherlei Gliedmaassen tragen die freien Segmente zwischen Kopfschild und Pygidium? Auf die Unterlippe folgt bei Limulus sofort das grosse Plattenpaar, welches die übrigen, kiementragenden bedeckt. Fand sich dasselbe bei den Trilobiten? Dagegen scheint nun der Fund des Mr. Billings auf das Entschiedenste Verwahrung einzulegen. Seiner Interpretation zufolge sollen hier mehrfach gegliederte, cylindrische Extremitäten befindlich gewesen zu sein, — die vielleicht in der Form sich denen des Kopfschildes mehr angeschlossen haben, ohne die Hüftstücke zu Kauorganen werden zu lassen. Aber Athmungsorgane müssen die Trilobiten gehabt haben, und bei der allgemeinen Aehnlichkeit mit dem Limulus ist Zehn gegen Eins zu wetten, dass sie auch, wie bei diesen, in Plattenpaaren bestanden haben, an denen die Kiemenblätter sassen. So bliebe also z. B. Asaphus platycephalus nur das Pygidium übrig als Träger dieser Organe, — aber keine Spur ist mehr von demselben erhalten. Die beiden von Billings beschriebenen Höcker auf der Unterseite des Pygidiums können zur Entscheidung dieser Frage auch weiter nichts beitragen, als dass sie es noch wahrscheinlicher machen, dass auch das Pygidium Gliedmaassen getragen habe.

Aber aus dieser Unsicherheit erwächst noch eine weitere. Welche Segmente des Trilobitenkörpers hinter dem Kopfschilde sind überhaupt den das Schwanzschild zusammensetzenden Segmenten des Limulus homolog? Wir haben nur zwei feste Punkte zufolge der bisherigen Erörterungen: das Kopfschild und das letzte Segment des Körpers, welche dem Kopfschilde und dem Schwanzstachel des Limulus entsprechen. Wo fallen nun die Segmente des Trilobitenkörpers, die über die Zahl 8 weggehen, aus? Hinter dem Kopfschild oder vor dem Pygidium und dem letzten telsonartigen Segmente? Diese Frage complicirt sich zugleich mit der schon im vorhergehenden Abschnitt behandelten, nach dem Verblieb der 4 Segmente, welche in dem Eurypteridenkörper mehr als bei Limulus vorhanden sind. Nach unsern dortigen Ermittelungen waren dieselben vor dem Telson ausgefallen, — mithin — wenn wir die Eurypteriden zugleich mit Limulus auf die Trilobiten zurückbeziehen wollen, — werden wir nicht umhin können, auch das Ausfallen dieser Trilobitensegmente anzunehmen.

Wir haben nun bisher die ausgebildeten Trilobiten mit der ersten, aber bereits aus dem Ei gekrochenen Limulus-Larve verglichen.

Aber von beiden Objecten sind uns noch frühere Stadien bekannt geworden. BARRANDE's bereits erwähnte Entdeckungen über die jüngsten Zustände der Sao hirsuta, des Trinucleus ornatus und andrer lassen sich füglich zusammenstellen mit den ersten Ei-Stadien, die wir am Limulus kennen zu lernen hatten. Es erwächst daraus ein Grund mehr zur morphologisch-genealogischen Verkettung beider Formen, und vielleicht dürfen wir das am Limulus-Ei und Embryo Gesehene, unmittelbar auf die Trilobiten übertragen. BARRANDE giebt z. B. an, dass Sao hirsuta in ihrem jüngsten Stadium keine Spur von Thoracal-Segmenten und Pygidium erkennen lasse, und dass diese erst, langsam sich vermehrend, aufträten. Dasselbe haben wir bei Limulus zu beobachten Gelegenheit gehabt, wo auch erst die Anlage der 6 Kopfschildextremitäten geschah, ehe sich eine deutliche Wahrnehmung der darauf folgenden Segmente gewinnen liess, worüber freilich erst die genauen Mittheilungen durch das Studium am lebenden Embryo gewonnen werden können. Bei Trinucleus wiederum erscheint das Pygidium bereits in den jüngsten Studien, die Thoraxsegmente werden erst allmählich zwischengeschoben. Vielleicht ist ein jüngeres Stadium hier noch zu vermuthen, welches auch des Pygidiums entbehrt. Also auch auf diesem Wege gewinnen wir keine Sicherheit zur Entscheidung dieser Frage. So werden wir sie also wohl so lange vertagen müssen, bis ein neuer Fund über die Natur der Trilobitenextremitäten den sichern Aufschluss bietet, den wir leider aus Mr. BILLINGS Entdeckung noch nicht entnehmen können.

Es wäre an dieser Stelle wohl passend, auch über die jüngsten Funde, welche die Gattung Cyclus betreffen, ein Wort zu sagen, — aber es scheint, dass wir wohl, da einmal die Aufmerksamkeit der Palaeontologen auf diese sonderbaren Formen gelenkt ist, bald Weiteres über dieselben zu erfahren haben werden, wodurch die Erörterung weniger problematisch ausfallen dürfte, als gegenwärtig. Es scheint aber schon jetzt nicht zweifelhaft zu sein, dass Cyclus in näheren Beziehungen zu den hier besprochenen Formen gestanden hat, und vielleicht, — wie Mr. WOODWARD vermuthet, — als Larvenformen den Prestwichia oder Bellinurus zugeschrieben werden muss.

Welche Stellung nimmt Limulus zu den Crustaceen ein?

Diese Frage scheint den Systematikern in den letzten Jahren weniger Schwierigkeiten bereitet zu haben, als es eigentlich hätte geschehen sollen. Seit dem Auftreten der Descendenztheorie hat dieselbe

eine neue Bedeutung gewonnen, — und es mussten neue Mittel zu ihrer Lösung in Bewegung gesetzt werden.

Die Frage ist jetzt identisch mit der andern: stammt Limulus vom Nauplius ab? Wir haben durch die bisherigen Auseinandersetzungen schon hinreichend klar machen können, dass es schwierig ist, auf solche Frage mit Ja oder Nein zu antworten. Die Embryologie, als einzige, wahrhaft entscheidende Instanz, giebt uns leider keine Antwort, da die Entwicklung sofort und auf dem kürzesten Wege die definitive Limulus-Gestalt vorbereitet. Zwar giebt Dr. A. S. Packard an, es träte zuerst ein Naupliusstadium an dem Embryo auf, aber dies erscheint doch noch problematisch und weiterer Bestätigung bedürftig.

Es sind nämlich zwei Punkte in der Organisation des Limulus, welche vorläufig unübersteigliche Schwierigkeiten bei der Rückführung derselben auf die Crustaceen bieten. Der Eine ist das von Van der Hoeven hervorgehobene Vorhandensein nur einer Extremität, die vom oberen Schlundganglion aus innervirt wird, der Andre die Stellung und Ausbildung der Unterlippe.

Wenn wir uns erinnern, dass bei allen Krebsen zwei Antennenpaare vorkommen, die beide vom oberen Schlundganglion mit Nerven versehen werden und zugleich dessen eingedenk bleiben, wie grade diese Eigenthümlichkeit bisher jeden Versuch einer Homologisirung derselben mit Spinnen, Tausendfüssen und Insecten scheitern liess, so können wir doch unmöglich dies selbige Vorkommen von nur einem Gliedmaassenpaar mit Innervation vom oberen Schlundganglion beim Limulus gleichgiltig bei Seite schieben. Wir werden sofort gefragt: welchem der beiden Antennenpaare, — also welchem der beiden vorderen Extremitätenpaare des Nauplius — entspricht dies erste Paar des Limulus? Da wir aber, bis jetzt wenigstens, keine Spur eines rudimentären zweiten Paares vor oder hinter diesem ersten haben auffinden können, so müssen wir diese Frage vollständig unbeantwortet lassen. Aber hiedurch wird uns die Beantwortung aller übrigen auf die Homologiebestimmung der Extremitäten gerichteten Fragen gleicherweise unmöglich, — und wir stehen dann mit Limulus nicht viel anders als mit den Insecten und Spinnen gegenüber dem Problem, ob sie vom Nauplius abstammen oder nicht.

Dazu kommt noch der zweite Punkt, die Insertion der Unterlippe betreffend. Wie die Oberlippe ist die Unterlippe bei allen Krebsen eine Faltenbildung der Keimhaut gleich hinter der Mundöffnung. Sie bildet sich auf gleicher Höhe mit den Mandibeln, sogar mitunter noch vor ihnen, — je nach der Lage der Mundöffnung. Beim Limulus hingegen erfolgt die Anlage weit von dem Munde entfernt hinter dem

Digitized by Google

sechsten Gliedmaassenpaare und mit zwei deutlich getrennten Stücken, so dass ich anfänglich sehr zu der Meinung neigte, sie als ein siebentes Extremitätenpaar des Kopfschildes zu betrachten. Leider erlaubte die Beschaffenheit der Embryonen nicht über die Innervation dieser Gebilde ins Klare zu kommen, besonders darüber, ob diesen Theilen nicht ein eignes Ganglion zukommt, womit dann wohl ihre eigentliche Extremitätennatur festgestellt wäre.

Diese beiden Eigenthümlichkeiten machen es, wie mir scheint, fürs Erste unthunlich, den Limulus den Crustaceen zuzurechnen. Freilich geschieht das heute fast überall. Aber wo ein Versuch gemacht wird, ins Einzelne diese Einordnung durchzuführen, da ergeben sich denn auch natürlich die grössten Schwierigkeiten.

Der Erste, welcher sich von diesen Schwierigkeiten Rechenschaft gab, ist Savigny in seinem epochemachenden Werke »Théorie des organes de la bouche des animaux invertébrés et articulés, compris par Linné sous le nom d'Insectes«. Savigny spricht dem Limulus die Antennen ab, und glaubt auch die Mandibeln fehlten, nur ihr Palpus sei vorhanden. Wir haben seit diesem bedeutenden Versuch, die Gliedmaassentheorie der Arthropoden zu begründen, alle möglichen andern Versuche erlebt, und keiner ist dauernd stehen geblieben, — meiner Meinung nach, die ich schon an einem andern Orte ausgesprochen habe, weil die Theile, welche homologisirt werden sollen, nicht als homologe nachgewiesen werden können, ehe nicht ihre gemeinsame Abkunft von einem Stammvater nachgewiesen ist, der diese Theile bereits besass. Mir erscheint jeder Versuch, diese morphologische Theorie der Gliedmaassen ohne eine vorgängige Grundlegung vergleichender Embryologie vorzunehmen, illusorisch; ja, er ist sogar schädlich, da er nothwendigerweise dogmatisch und irreführend sein muss. Savigny verblendete sich auch nicht im Geringsten über die Beziehungen des Limulus zu den Phyllopoden, mit denen derselbe gewöhnlich in nächste Berührung gebracht wird. Er sagt: »Passons à un autre Entomostracé qui, par une négligence assez singulière, se trouve aujourd'hui placé dans la même famille que l'Apus«. Und weiter: »De l'Apus au Limule, la distance est presque aussi grande, l'opposition aussi marquée, que du Crabe au Phalangium.« Diese Distanz hat denn auch Strauss-Dürckheim im Jahre 1829 bewogen, den Limulus in die nächsten Beziehungen zu den Arachniden, insbesondere zu den Scorpionen zu bringen. Dieser Naturforscher stützt sich dabei im Wesentlichen auf die Zahl der Gliedmaassen des Kopfschildes, auf die Gestalt des ersten Paares und auf seine Innervation. Ferner vergleicht er die sehnige Platte, welche sich im Innern des Kopfschildes findet

Digitized by Google

mit dem inneren Sternum der Scorpione, und findet eine allgemeine Analogie der Form zwischen beiden Thieren. Diese Vergleiche sind heutzutage wieder aufgenommen worden und sowohl von H. Woodward wie von Huxley einer genealogischen Herleitung der Scorpione aus den Eurypteriden zu Grunde gelegt worden. Wir werden darüber noch nachher einige Worte zu sagen haben.

Nach Strauss-Dürckheim spricht Latreille in seinem Cours d'Entomologie pag. 442–447 noch einmal über den Limulus. Seine Meinung summirt sich in folgenden Worten: »Quoique ces crustacés nous paraissent d'abord s'éloigner du type normal, nous venons de voir que l'on pouvait expliquer facilement ces aberrations, en supposant que le post-abdomen ou les derniers anneaux du corps ont disparu ou ont été remplacés par un stylet, et que tous les organes de la manducation sont devenus, ainsi que dans les myriapodes, des organes de locomotion, en conservant néanmoins une partie de leurs facultés primitives.«

Im Jahre 1838 ist es Van der Hoeven, der seine Ansichten auseinandersetzt. Er entscheidet sich weder für die Zutheilung des Limulus zu den Krebsen, noch zu den Spinnen, weil seiner Meinung nach die Grenzen dieser beiden Classen nicht hinreichend fixirt seien. »Mais soit qu'on range les Limules parmi les Crustacés, soit qu'on les mette avec les Arachnides, ils devront toujours former à eux seuls un ordre distinct qui, dans l'étât actuel de nos connaissances, est éloigné de tous les autres ordres de ces deux classes. C'est en effet bien gratuitement et seulement d'après une simple ressemblance extérieure, que la plupart des naturalistes ont placé le genre Apus à côté des Limules«.

Milne-Edwards hat in seiner »Histoire naturelle des Crustacés« die Xiphosuren zu allerletzt behandelt. Er meint »qu'on est obligé de les isoler autant que possible et d'en former une sous-classe particulière qui se lie à la division des Branchiopodes et à celle des Trilobites, mais se distingue de ces Crustacés et de tous les autres animaux de la même classe par l'ensemble de l'organisation«.

Von den neueren Classificationen haben wir zuerst Gerstäcker zu erwähnen, der in dem mit Carus herausgegebenen Handbuch der Zoologie die Poecilopoden zwischen die Isopoden und Branchiopoden stellt. Bezüglich der Auffassung der Körpergestalt des Limulus weicht dieser Autor von den früheren wesentlich ab, indem er das erste Extremitätenpaar zwar als Antennen, die drei nächsten aber als die drei Kieferpaare angesehen wissen will. Darnach sollen drei Paar Thoraxbeine folgen, denn auch das erste Plattenpaar wird als Extremität des Kopfschildes angesehen. Die fünf kiementragenden Platten-

Digitized by Google

paare wären dann gleichzusetzen den fünf Beinpaaren der Decapoden, und die jederseits am Schwanzschilde sich vorfindenden 6 beweglichen Dornen dem ersten bis sechsten Pleopodenpaare (!), der Schwanzstachel aber dem siebenten. Dadurch würde dann, wie GERSTÄCKER hinzusetzt, der mittlere Theil des Schwanzschildes als Abdomen aufzufassen sein, die Seitentheile aber als Postabdomen, das sich gespalten (!) und an das Abdomen zu beiden Seiten herangeschoben hätte. »Noch passender«, fährt der Autor aber fort, »würden sich vielleicht die sechs beweglichen Dornen, jederseits, deren Gliedmaassennatur nicht zweifelhaft (?) sein kann, als dem dritten Brust- und den fünf Abdominalbeinpaaren entsprechend auffassen lassen, so dass die sechs lamellösen Gliedmaassenpaare, als dem Postabdomen angehörig, mit den entsprechenden der Isopoden zu vergleichen seien.«

In den »Grundzügen der Zoologie« von CLAUS bildet Limulus gleichfalls unter dem Ordnungsnamen der Poecilopoden eine besondere Ordnung zwischen den Branchiopoden und den Arthrostraka. CLAUS enthält sich aber jeder Speculation über die Morphologie derselben.

Als besondere Gruppe zwischen den Branchiopoden und Copepoden führt G. O. SARS die Poecilopoden in seiner »Histoire des Crustacés d'eau douce de la Norvège« auf.

Dr. A. S. PACKARD endlich scheint nicht abgeneigt, nähere Beziehungen des Limulus und seiner fossilen Verwandten mit den Branchiopoden anzunehmen.

Von denjenigen Zoologen, die bereits den Versuch gemacht haben, die Arthropoden in der Form des Stammbaums zu classificiren, hat sich der Schöpfer der Crustaceen-Genealogie, FRITZ MÜLLER nicht über den Limulus und die Trilobiten vernehmen lassen, weil er sie nicht selbst hat untersuchen können. HAECKEL dagegen glaubt die Trilobiten als eine Unterabtheilung der Phyllopoden ansehen zu dürfen, aus der sich die Poecilopoden vielleicht entwickelt hätten; diese letzten theilt er in die beiden Legionen Xiphosura und Gigantostraka; doch drückt er seine Meinung sehr reservirt aus. GEGENBAUR schliesst sich dieser Auffassung genau an.

Wesentlich anders fasst HUXLEY die genealogischen Beziehungen. In einer Recension von HAECKEL's »Natürliche Schöpfungsgeschichte« sagt er (Academy Nov. 13. 1869. pag. 42): »— I imagine that the Copepoda represent the hypothetical Archaeocarida most closely. Apus and Sapphirina indicate the relations of these Archaeocarids with the Trilobita, and the Eurypterida connect the Trilobita and the Copepoda with the Xiphosura. But the Xiphosura have such close morpho-

Digitized by Google

logical relations with the Arachnida, and especially with the oldest known Arachnidan, Scorpio, that I cannot doubt the existence of a genitic connection between the two groups.«

Was bei SAVIGNY andeutungsweise, bei STRAUSS-DÜRCKHEIM mit Einseitigkeit ausgesprochen wurde, das tritt also jetzt unter dem Gesichtspunkte der Descendenztheorie von Neuem auf. Die Verbindung der Arachniden mit den Crustaceen soll durch Limulus und die ihm verwandten Eurypteriden gegeben sein. Dieser Meinung schliesst sich H. WOODWARD bedingterweise ebenfalls an.

Von vornherein lässt sich Manches dafür, wie dagegen sagen. Die Sechszahl der Kopfschildextremitäten, die Gestalt, Insertion und Innervation des ersten derselben, eine gewisse Uebereinstimmung der äusseren Leibesform zwischen Pterygotus und Scorpio, — auch mancherlei in der Bildung der inneren Organe; aber andererseits wiegt die Lage der Unterlippe, die Natur der Plattenpaare mit den Kiemen, die seitlichen Augen etc. diese scheinbare Uebereinstimmung wieder auf. Wir sahen indess, wie schwierig die Beziehungen der Crustaceen zu Limulus ins rechte Licht zu rücken waren, trotzdem wir durch die Untersuchungen der letzten Jahre über die Embryologie derselben weit besser aufgeklärt worden sind, als frühere Zeiten. Vom Scorpion aber wissen wir bezüglich seiner Entwicklungsgeschichte so gut wie nichts, da eine Darstellung derselben leider in russischer Sprache erschienen ist, andere nur vorläufige Mittheilungen darstellen und das morphologische Element so gut wie gar nicht ins Auge fassen. Die Untersuchungen CLAPARÈDE's über die Entwicklung einiger Spinnen können diese Lücke nicht ausfüllen. Ohne die Hülfe der Embryologie ist aber hier nichts zu entscheiden, alle Uebereinstimmungen der äusseren Form und der Gliedmaassen sind unzureichende Criterien. Welche Theile des Limulus sollen den Kämmen der Scorpione entsprechen? Das erste Plattenpaar oder die Unterlippe? Beide Ansichten sind aufgestellt worden. Es ist ja durchaus wahrscheinlich, dass die Abdominalsegmente der Arachniden in früheren, weit zurückgelegenen Epochen gleichfalls Extremitäten besessen haben, deren Spuren sich noch an den Embryonen entdecken lassen, — aber damit allein ist doch noch nicht der genetische Zusammenhang mit den Krustern speciell mit Limulus ausgesprochen. Und ob es überhaupt möglich sein wird, die Athmungsorgane der Scorpione und Spinnen aus den Kiemenplatten der Eurypteriden herzuleiten, das ist doch überaus fraglich, — abgesehen davon, dass diese Möglichkeit an sich nicht den geringsten Beweis für die Wirklichkeit abgiebt.

Diese Frage kann also nicht eher zum Austrag gebracht werden,

als bis wir über die Embryologie der Spinnen und besonders des Scorpions gründlicher aufgeklärt sein werden, — wobei denn auch nicht vergessen werden soll, dass auch die Untersuchung lebender Limulus-Embryonen noch ein Desideratum ist. Es ist überflüssig, dieser Entscheidung durch Vermuthungen vorgreifen zu wollen, wennschon es durchaus nicht überflüssig ist, die Frage danach überhaupt aufzuwerfen. Je weiter die Descendenztheorie in die unmittelbare Arbeit der Zoologie eingreift, um so mehr zeigt sie ihren eminent praktischen Charakter, indem sie nicht nur Probleme auflöst, sondern auch die richtige Fragstellung vorbereitet. So zerstört sie zwar die traditionelle Systematik, aber sie baut sofort eine neue auf; — wie wir denn auch, fragen wir nach dem Resultat der hier in diesem Aufsatze geschehenen Anwendung derselben, zu folgendem Schlusssatze gelangen:

»Limulus ist zunächst verwandt mit den Gigantostraken; »beide erscheinen verwandt mit den Trilobiten, obwohl diese Ver»wandtschaft nicht in alle Details nachgewiesen werden kann. Die »morphologisch-genealogischen Beziehungen dieser drei Familien zu »den Crustaceen lassen sich vorderhand nicht feststellen, bleiben »vielleicht für immer zweifelhaft. Ueber die Beziehungen derselben »zu den Arachniden sind wir vorläufig gar nicht im Stande etwas »anzugeben. Sonach bleibt uns nur übrig, diese drei Familien unter »einem gemeinsamen Namen, wofür ich den Haeckel'schen Ausdruck »Gigantostraka möchte in Vorschlag gebracht haben, selbständig »zuconstituiren und im System neben die Crustaceen zu stellen.«

Erklärung der Abbildungen.

(Auf Taf. I befinden sich die Fig. 1—4, 17—24. Die übrigen auf Tafel II.)

Fig. 1. Ein Ei, dessen Exochorion (*b*) in zwei Halbkugeln das daraus hervortretende Chorion umschliesst.

Fig. 2. Ein Embryo, umgeben von dem Chorion (*c*). Die Gliedmaassen sind mit römischen Ziffern I—VIII bezeichnet. (*b*) bedeutet die Leiste, welche den Rand des späteren Kopfschildes bildet. (*d*) ist die Unterlippe. (*a*) ist der Abdominaltheil, (*m*) die Mundöffnung. Zwischen den Beinen und auch vor der Mundöffnung erkennt man die Ganglienkette.

Fig. 3. Ein weiter entwickelter Embryo. Das Chorion (*c*) hat sich sehr stark ausgedehnt, der Embryo ist in einer Flüssigkeit suspendirt und rollt darin umher.

Fig. 4. Das Trilobitenstadium. Chorion sowohl wie Exochorion sind zersprengt; der Körper der Larve besteht aus Kopfschild und Abdominaltheil, letzterer lässt auf das Deutlichste die Segmentirung erkennen. (*e*) die vorderen Augen, (*f*) die seitlichen Augen.

Fig. 5. Das erste Plattenpaar, welches den übrigen als äusserer Deckel dient. Von einem Stück, welches schon die definitive Limulusgestalt angenommen hat.

Fig. 6. Das zweite Plattenpaar von demselben Individuum. (*a*) die ovalen Bildungen (verg. Seite 597), (*b*) die Kiemenblätter, (*c*) der mittlere Zipfel, (*d*) die knorpelartigen Kiementräger.

Fig. 7. Das dritte Plattenpaar. Buchstabenbezeichnung wie bei Fig. 6.

Fig. 8. Das vierte Plattenpaar eben erst in der Bildung begriffen.

Fig. 9. Die feinere Structur des Chorion.

Fig. 10. Ein Längsschnitt durch einen bereits mit dem Schwanzstachel versehenen jungen Limulus. Die römischen Ziffern bedeuten wiederum die entsprechenden Gliedmaassen. (*a*) Afteröffnung, (*d*) Unterlippe, (*e*) vorderes Auge, (*g*) oberes Schlundganglion, (g_1) die übrigen Ganglien, (*h*) Rückengefäss, (*i*) die Fortsätze des Abdominalschildes mit einigen Muskelbündeln von dem grossen Beugemuskel des Kopfschildes, (*k*) die knorpelartigen Kiementräger, (*o*) die Mundöffnung, (*q*) der Streckmuskel des Kopfschildes, (*v*) der Magen, (*schst*) der Schwanzstachel.

Fig. 11. Ein Querschnitt durch die Mitte des Kopfschildes eines jungen Limulus im selben Stadium wie der vorige. Buchstabenbezeichnung wie bei Fig. 10. (*l*) Durchschnittene Leberschläuche.

Fig. 12. Querschnitt durch den hinteren Theil des Kopfschildes des trilobitenartigen Larvenstadiums. Buchstabenbezeichnung wie bei Fig. 10. (*pl*) Die Sehnenplatte, (*dtt*) Dottermassen, welche noch den grössten Theil des Leibesraums ausfüllen. An dem Extremitätenpaare VI sieht man bei (*x*) den seitlichen Anhang. Bei (*r*) das Randgefäss des Kopfschildes.

Fig. 13. Ein Querschnitt durch das Abdominalschild des trilobitenartigen Larvenstadiums. Dieselbe Buchstabenbezeichnung.

Fig. 14. Eine etwas vergrösserte Darstellung eines knorpelartigen Kiementrägers.

Fig. 15. Querschnitt durch den vorderen Theil des Kopfschildes eines jungen Limulus im Stadium von Fig. 10. (*e*) Die linsenartigen Verdickungen der Wandung, darunter ein bohnenförmiger Hohlraum und ein dicker Pigmentballen. Das Ganze stellt die vorderen Augen dar. (*v*) Querschnitt durch den Magen. (*pg*) Pigmentmassen, die vor dem oberen Schlundganglion sich finden.

Fig. 16. Ein Stück des Kopfschildrandes eines jungen Limulus. (*a*) Cuticula, (*b*) grössere Haare, (*c*) feineres Haar, (*d*) Tastorgane (?).

Fig. 17. Prestwichia rotundata Woodward (Copie nach »Woodward, On some points in the structure of the Xiphosura having reference to their relationship with the Eurypteridae«, in Quarterly Journal of the Geological Society for February 1867. Pl. I. Fig. 2).

Fig. 18. Hemiaspis limuloides Woodwards (l. c. pl. I. Fig. 3).

Fig. 19. Belinurus reginae Baily (nach Woodward l. c. pl. I. Fig. 4).

Fig. 20. Pterygotus anglicus Agassiz. (Nach einer stark verkleinerten Restauration von Woodward in »A Monograph of the British fossil Crustacea belonging to the Order Merostomata« in Transactions of the Palaeontographical Society 1867. Plate VIII.)

Fig. 21. Eurypterus remipes Dekay. (Nach Nieszkowski »Der Eurypterus remipes aus den obersilurischen Schichten der Insel Oesel. Archiv für die Naturkunde Liv-, Ehst- u. Kurlands. Erste Serie. Bd. II. Tab. I. Fig. 1.)

Fig. 22. Trinucleus ornatus Sternberg. (Nach Barrande Système silurien de la Bohême I. Pl. 30. Fig. 53.)

Fig. 23. Kopfschild des Cheirurus claviger. (*a*) Grosse Sutur, (*l*) Glabella. (Nach Barrande. l. c. Pl. 2 B. Fig. 1.)

Fig. 24. Asaphus platycephalus mit den Ueberresten der Extremitäten (Nach Billings in: Quarterly Journal of the Geological Society. Vol. XXVI. Pl. XXXII. Fig. 1.)

Fig. 25. Vier Stadien aus der Entwicklungsgeschichte des Trinucleus ornatus. (Nach Barrande l. c. pl. 30. Fig. 42, 44, 46 u. 48.)

Fig. 26. Sechs Stadien aus der Entwicklungsgeschichte der Sao hirsuta. (Nach Barrande l. c. pl. 7. Fig. 1, 2, 3, 4, 6 u. 10.)

Fig. 27. Zwei Plattenpaare von Slimonia zusammen versteinert. (Nach Woodward in Quarterly Journal of the Geological Society of London. Vol. XXIII Pl. II. Fig. 11.)

Ueber die sexuelle Fortpflanzung und das natürliche System der Schwämme.

Von

Ernst Haeckel.

Die Untersuchungen »über den Organismus der Schwämme und ihre Verwandtschaft mit den Corallen«, welche vor drei Jahren von mir begonnen und deren vorläufige Resultate im Sommer 1869 mitgetheilt wurden [1]), sind seitdem ununterbrochen fortgesetzt worden. Die Monographie der Kalkschwämme oder Grantien, welche sich aus jenen Untersuchungen entwickelte, ist ihrem Abschluss nahe. Das sehr reichhaltige Material, welches mir auf meine Bitte von befreundeten Collegen und von vielen anderen Spongienbesitzern zugesandt wurde, ist inzwischen so angewachsen, dass die Zahl der Species von Calcispongien, welche ich 1869 in meinem »Prodromus eines Systems der Kalkschwämme« [2]) aufführte, um mehr als das Doppelte gestiegen ist. In dem bedeutenden Umfang, welchen meine Monographie in Folge dessen erreicht hat, liegt zugleich die Entschuldigung für das verspätete Erscheinen derselben. Da die Anfertigung der dazu gehörigen zahlreichen Kupfertafeln sich immer noch bis in das nächste Jahr hinziehen wird, halte ich es für angemessen, inzwischen über einige Fortschritte zu berichten, welche ich in der Erkenntniss jener höchst merkwürdigen Thiergruppe gemacht habe.

Nachdem die angeführten Untersuchungen »über den Organismus der Schwämme« im Sommer 1869 publicirt worden waren, habe ich noch zwei Reisen an die Meeresküste angetreten, um durch erneute

---

1) Vergl. diese Zeitschrift, Bd. V, p. 207.
2) Vergl. diese Zeitschrift, Bd. V, p. 236.

Digitized by Google

Beobachtung von lebenden Schwämmen, und insbesondere Kalkschwämmen, die Lücken auszufüllen, welche in der Anatomie der früher vorzugsweise untersuchten Weingeistpräparate geblieben waren. Zugleich machten genealogische Untersuchungen »über die Entstehung der Arten«, welche einen beträchtlichen Theil der Monographie der Kalkschwämme bilden, es nothwendig, möglichst grosse Mengen dieser Thiere an ihrem natürlichen Standorte in Bezug auf ihre gesellschaftliche Ansiedelung und ihre topographische Verbreitung zu untersuchen, und Massen von Individuen von den verschiedenen Standorten zur Vergleichung zu sammeln. Meine erste Reise (im August und September 1869) war nach Norwegen gerichtet, wo ich bei Brandesund auf der Insel Gis-Oe (einige Meilen südwestlich von Bergen) Kalkschwämme aus verschiedenen Gattungen in reichlicher Menge vorfand. Die zweite Reise (im März und April 1871) unternahm ich nach dem adriatischen Meere, dessen ausserordentlicher Reichthum an Schwämmen durch die vieljährigen, umfassenden und ergebnissreichen Untersuchungen von Oskar Schmidt erschlossen worden ist. Auf der Insel Lesina an der Küste des südlichen Dalmatiens, welche mir Oskar Schmidt besonders empfohlen hatte und deren reiche Fauna vorzüglich durch Heller's fleissige faunistische Arbeiten bekannt ist, fand ich die beste Gelegenheit, alle Arten von Kalkschwämmen, die bisher aus dem adriatischen Meere beschrieben wurden, lebend zu beobachten. Von mehreren der wichtigsten Arten konnte ich daselbst solche Massen von Individuen sammeln und die ausserordentliche Biegsamkeit ihrer Form so im Zusammenhang verfolgen, dass die »Entstehung der Arten« dadurch auf das Klarste beleuchtet wurde.

Das Resultat dieser fortgesetzten Untersuchungen ist eine vollständige Bestätigung fast aller derjenigen Angaben, welche ich in meiner früheren Mittheilung »Ueber den Organismus der Schwämme« gemacht hatte. Nur in einem einzigen wesentlichen Punkte habe ich mich zu corrigiren, nämlich in Bezug auf die geschlechtliche Fortpflanzung der Schwämme. Ich hegte damals gegen die sexuelle Differenzirung der Spongien erhebliche Zweifel. Weder bei den Kalkschwämmen, noch bei den andern Schwämmen, welche ich früher untersucht hatte, war es mir jemals gelungen, Zoospermien aufzufinden. Ebenso hatten andere Naturforscher, darunter die erfahrensten Kenner der Schwämme, O. Schmidt und Bowerbank, stets vergeblich nach männlichen Organen gesucht. Unter den positiven Angaben, welche von anderen Beobachtern darüber gemacht waren, schienen nur diejenigen von Lieberkühn über Spongilla Vertrauen zu verdienen. Nach diesen letzteren Angaben sollen sich bei den Süsswasser-

schwämmen stecknadelförmige bewegliche Zoospermien in besonderen Samenkapseln entwickeln.

Die Untersuchungen, welche ich bezüglich der sexuellen Differenzirung der Spongien auf meiner norwegischen Reise (im Herbst 1869) anstellte, hatten ebenfalls nur negative Resultate. Trotzdem ich damals Kalkschwämme der verschiedensten Gattungen (Leucosolenia, Leuconia, Sycon etc.) zu Hunderten genau darauf untersuchte, trotzdem ich bei diesen allenthalben Mengen von Keimzellen und zum Theil auch Embryonen auf verschiedenen Stadien der Entwickelung antraf, wollte es mir doch nicht gelingen, irgend eine Spur von befruchtenden männlichen Elementen zu entdecken. Ich glaubte daher, jene geschlechtslosen Keimzellen mit Recht als Sporen, und nicht als Eier, bezeichnet zu haben (l. c. p. 225.).

Andere Resultate erhielt ich auf meiner letzten Reise nach Dalmatien. Hier gelang es mir endlich nach vielfachen vergeblichen Bemühungen, Zoospermien bei Kalkschwämmen aus den verschiedensten Gruppen (Asconen, Leuconen, Syconen), und ebenso auch bei einigen Kieselschwämmen aufzufinden. Allerdings ist deren Nachweis ausserordentlich schwierig und die Art ihres Vorkommens und ihrer Entwickelung erklärt hinlänglich, warum fast alle früheren darauf gerichteten Bemühungen vergeblich waren. Die Zoospermien der Schwämme sind nämlich nichts weiter als modificirte Geisselzellen des Entoderms, der flimmernden epithelialen Zellenlage, welche aus dem inneren Keimblatt hervorgeht. Gleichwie an den verschiedensten Stellen dieses Flimmer-Epithels einzelne Zellen desselben ihr langes schwingendes Geisselhaar einziehen und sich zu Eiern von der Form nackter amoeboider Zellen umbilden, so verwandeln sich an anderen Stellen einzelne Geisselzellen in Samenzellen. Diese Metamorphose beginnt damit, dass die Flimmerzelle ihr Geisselhaar einzieht und durch mehrfach wiederholte Theilung in eine grössere Zahl (— wie es scheint, wenigstens acht) sehr kleine Zellen zerfällt. Jedesmal geht der Theilung der Zelle diejenige ihres Kernes vorher. Die so entstandenen Tochterzellen sind vielmals kleiner als die ursprünglichen Flimmerzellen. Die winzigen Zellen der jüngsten Generation verwandeln sich direct in Zoospermien, indem die sehr geringe Quantität von Protoplasma, welche den rundlichen Kern umhüllt, sich an der frei in das Canalsystem hineinragenden Seite in einen sehr langen und feinen fadenförmigen Fortsatz auszieht. Dieser Faden ist der »Schwanz«, der am basalen Theile desselben befindliche Zellenkern der »Kopf« des Zoospermiums. Der »Schwanz« beginnt sich langsam in Bewegung zu setzen, indem er hin und schwer schwingt. Wenn die Bewegung

rascher wird, löst sich der noch festsitzende »Kopf« von seiner Unterlage ab, und die kleine Geisselzelle schwimmt nun als frei bewegliches Zoosperm im Wasser umher.

Bei manchen Kalkschwämmen ist auch an den ursprünglichen Geisselzellen des Entoderms die Quantität des Protoplasma so gering, dass dasselbe nur eine sehr dünne Hülle um den verhältnissmässig grossen Kern zu bilden scheint. Nur an der Stelle, wo der schwingende lange Geisselfaden von dieser Hüllschicht abgeht, ist dieselbe etwas dicker. Diese Flimmerzellen sind daher eigentlich nur durch ihre beträchtlichere Grösse von den Zoospermien zu unterscheiden und können sehr leicht mit ihnen verwechselt werden. Die Verwechselung Beider ist um so leichter, als die Form der Bewegung des schwingenden Protoplasmafadens keine wesentlichen Unterschiede darbietet. Allerdings bewegen sich die reifen Samenzellen im Ganzen lebhafter, als die einzelnen abgelösten Flimmerzellen; allein unter Umständen schwingen sie auch langsamer und können selbst gleich den letzteren sich wieder in amoeboide Zellen zurückverwandeln. Anderseits setzen auch verstümmelte Flimmerzellen, bei denen ein Theil ihres nackten Protoplasma-Körpers abgerissen ist, ihre schwingenden Bewegungen fort und können dann oft kaum von Zoospermien unterschieden werden.

Vielleicht würde ich selbst die Ueberzeugung, dass die fraglichen kleinen Geisselzellen wirklich echte Zoospermien sind, nicht gewonnen haben, wenn es mir nicht mehrere Male geglückt wäre, den Befruchtungsakt direct zu beobachten. In Präparaten von frisch zerzupften Schwammstücken nämlich, in welchen zahlreiche lebhaft schwingende Samenzellen und einzelne gleich Amoeben umherkriechende Eizellen sich durch einander bewegten, konnte ich zu wiederholten Malen beobachten, wie einzelne Samenzellen, die zufällig mit einer Eizelle in Berührung gekommen waren, mit derselben verschmolzen. Zunächst schien das kleine Zoosperm, sobald es mit der Oberfläche der nackten Eizelle in Berührung gekommen war, an dieser anzukleben und seine schwingenden Bewegungen zu beschleunigen. Dann aber wurden dieselben allmählig langsamer und hörten zuletzt ganz auf, während gleichzeitig das Ei seine trägen amoeboiden Bewegungen einstellte. Endlich schien das Zoosperm völlig mit dem Ei zu verschmelzen oder sich in der Dottermasse desselben aufzulösen.

Dass diese mehrmals mit ziemlicher Sicherheit wiederholte Beobachtung wirklich den Befruchtungsprocess betraf, glaube ich daraus schliessen zu dürfen, dass in einigen Fällen bald nachher die Furchung des befruchteten Eies begann. Die kugelig zusammengezogene Zelle zerfiel erst in zwei, dann in vier Zellen u. s. f., wobei theilweise die

der Theilung des Protoplasma vorhergehende Spaltung des Kernes erkannt werden konnte. In Folge dieser Beobachtungen nehme ich die Zweifel, welche ich früher gegen ältere Angaben über Zoospermien der Schwämme ausgesprochen hatte (l. c. p. 224), ausdrücklich zurück. Insbesondere glaube ich, dass die von Lieberkühn bei Spongilla und die von Huxley bei Tethya beschriebenen Zoospermien wirklich solche gewesen sind. Uebrigens ist zu bemerken, dass der Nachweis derselben bei den meisten Schwämmen ausserordentlich schwierig und bei vielen Arten mir trotz aller Bemühungen doch nicht gelungen ist. Abgesehen von den vorher angeführten Schwierigkeiten und namentlich von der sehr leicht möglichen Verwechselung der Zoospermien mit verstümmelten oder abgelösten Flimmerzellen, ist es (— wenigstens bei den Kalkschwämmen —) niemals möglich, das Sperma in irgend beträchtlicher Menge nachzuweisen. Da die Samenzellen gleich den Eiern überall in der einfachen epithelartigen Zellenschicht des Entoderms ohne bestimmte Ordnung zerstreut liegen, da mithin ebenso wenig Hoden als Eierstöcke existiren, und da die meisten Samenzellen sofort einzeln in das Wasser des Canalsystems treten und mit dem Wasserstrom fortgeführt werden, so ist selbstverständlich nicht daran zu denken, das Sperma, wie bei den anderen Thieren, tropfenweis zu demonstriren oder selbst nur ein mikroskopisches Samentröpfchen mit einigen hundert Zoospermien nachzuweisen; höchstens findet man einige Dutzend der letzteren beisammen.

Bei allen Kalkschwämmen, bei denen ich Zoospermien nachweisen konnte, fand ich auf einer und derselben Person zugleich Eier vor, und zwar lagen die einzelnen grossen amoeboiden Eizellen und die kleinen Samenzellen ohne Ordnung im Entoderm zerstreut, meistens durch beträchtliche Zwischenräume getrennt. Die Personen der Kalkschwämme sind demnach als Hermaphroditen zu bezeichnen.

Durch diesen Beweis der sexuellen Differenzirung der Kalkschwämme wird das letzte und wesentlichste Hinderniss aufgehoben, welches man dem von mir versuchten Nachweise ihrer nahen Verwandtschaft mit den Hydroiden und Corallen noch hätte entgegenstellen können. Während dadurch einerseits ihre Zugehörigkeit zum Stamme der Coelenteraten nur bestätigt wird, fällt andererseits einer der wichtigsten Gründe, den man für ihre Vereinigung mit den geschlechtslosen Protisten oder Protozoen hätte anführen können. Ueberhaupt sei hier noch bemerkt, dass meine fortgesetzten Untersuchungen die Ansichten, welche ich in der früheren Mittheilung über die Verwandtschaft der Schwämme und Corallen ausführte, lediglich bestätigt haben. Ich werde dieselben in meiner Monographie ausführlich besprechen.

Von den übrigen Beobachtungen, welche ich an lebenden Kalkschwämmen in Norwegen und Dalmatien anzustellen Gelegenheit hatte, erwähne ich hier nur noch kurz einige eigenthümliche Bewegungserscheinungen des Protoplasma, und zwar sowohl an den isolirten Zellen des Entoderm, als an den verschmolzenen des Ectoderm. Schon in meinen »Beiträgen zur Plastidentheorie«[1]) hatte ich gezeigt, dass bei den Kalkschwämmen unter Umständen die flimmernden Geisselzellen des Entoderm sich in amoeboide Zellen verwandeln und hatte diesen Uebergang zu Gunsten meiner Ansicht von der »Identität der Flimmerbewegung und der amoeboiden Protoplasmabewegung« angeführt (l. c. p. 540). Die erste bezügliche Beobachtung bei Kalkschwämmen hatte ich in Norwegen an Leucosolenia coriacea und L. variabilis gemacht. Die durch Zerzupfen des Schwammes isolirten Geisselzellen gingen hier nach einiger Zeit unmittelbar in amoeboide Zellen über; die lange schwingende Geissel, welche jede Flimmerzelle des Entoderm trägt, wurde eingezogen und an ihrer Stelle wurde eine grössere Anzahl spitzer Fortsätze hervorgestreckt. Diese bewegten sich langsam und wurden wieder eingezogen, während andere amoeboide Fortsätze an ihrer Stelle hervortraten. Die einzelnen isolirten Zellen krochen mittelst dieser wechselnden Fortsätze wie Amoeben umher. Auf meiner letzten Reise in Dalmatien habe ich diese Beobachtung fast täglich wiederholt, und zwar bei Kalkschwämmen aus allen Gruppen, bei Asconen, Leuconen und Syconen. Einige Male gelang es mir hier aber auch zu sehen, wie sich einzelne amoeboide Zellen wieder in Geisselzellen zurückverwandelten. Nimmt man nun dazu noch die Thatsache, dass auch die Zoospermien ursprünglich Geisselzellen sind, so erscheint es nicht mehr auffallend, dass auch die Samenzellen aus amoeboiden Zellen hervorgehen und sich unter Umständen wieder in amoeboide Zellen verwandeln können. Phylogenetisch betrachtet ist die amoeboide Bewegungsform des Protoplasma die älteste. Aus dieser hat sich secundär die Flimmerbewegung, und aus dieser wiederum tertiär die Zoospermien-Bewegung entwickelt.

Eine andere Bewegungserscheinung des Protoplasma fand ich gleichfalls in Dalmatien Gelegenheit zu bestätigen. Ich hatte dieselbe schon in Norwegen beobachtet, aber nicht früher mitzutheilen gewagt, weil ich vor einer Täuschung nicht ganz sicher war. Sie betrifft ausgezeichnete Pseudopodienbildung am Ectoderm der Kalkschwämme. Das Ectoderm, welches aus den verschmolzenen Zellen

---

1) Vergl. diese Zeitschrift, Bd. V, p. 492.

Digitized by Google

des äusseren embryonalen Keimblattes besteht und ausser den Kernen jener Zellen auch die Kalknadeln des Skelets umschliesst, bildet unter gewissen Umständen an seiner Oberfläche dichte Massen von sehr feinen Pseudopodien, so dass bei Anwendung sehr starker Vergrösserungen (mindestens 500–700) die glatte Oberfläche des Ectoderms wie mit einem dichten Flaum von äusserst feinen Häärchen bedeckt erscheint. Besondere Neigung zur Bildung eines solchen Protoplasmapelzes zeigen die Ectodermscheiden, welche die isolirten Spicula umgeben. Oft erhebt sich senkrecht auf der Oberfläche einer einzigen Kalknadel ein Flaum von mehreren Hundert sehr feinen Pseudopodien. Ich werde diese merkwürdige Erscheinung, die ich übrigens nur bei Kalkschwämmen fand und nach der ich bei andern Schwämmen vergeblich suchte, in meiner Monographie ausführlich erörtern.

Von den übrigen Resultaten meiner Untersuchungen, die ebenfalls in der Monographie der Kalkschwämme eingehend geschildert werden sollen, will ich schliesslich nur noch das mittheilen, dass es mir gelungen ist, das natürliche System, d. h. den Stammbaum der Kalkschwämme und die Entstehung ihrer Arten in einem Maasse zu erkennen und sicher zu stellen, wie es bei wenigen andern Gruppen von Organismen möglich sein dürfte. In der That lässt sich bei diesen merkwürdigen Thieren die Genesis der Species Schritt für Schritt verfolgen, und die Species-Unterscheidung in dem gewöhnlichen (dogmatischen) Sinne hört hier vollständig auf. Ich hatte daher schon in meinen früheren Mittheilungen den Satz ausgesprochen: »Die ganze Naturgeschichte der Spongien ist eine zusammenhängende und schlagende Beweisführung für Darwin.« Seitdem hat auch der um unsere Spongienkenntnisse so hochverdiente Gratzer Zoolog, mein Freund Oskar Schmidt, in seiner letzten, an interessanten Ergebnissen sehr reichen Arbeit [1]) eine Masse von neuen Beweisen für jenen Satz geliefert, und auf Grund dieser Beweise den Anfang zu einem natürlichen System der vereinigten Kiesel- und Hornschwämme gemacht. Da diese letzteren viel formenreicher sind, als die Kalkschwämme, so ist die Aufgabe hier eine viel schwierigere. Bei der kleinen und wenig differenzirten Gruppe der Kalkschwämme lässt sich aber das natürliche System desshalb so ausgezeichnet erkennen, weil einerseits man den Antheil, den die beiden formbildenden Kräfte, Vererbung und Anpassung, an der Production jeder individuellen Form haben, hier mit seltener Sicherheit bestimmen kann, und

---

1) Oskar Schmidt, Grundzüge einer Spongien-Fauna des atlantischen Gebietes. Leipzig 1870.

Digitized by Google

weil anderseits alle erwünschten Uebergangsformen und verbindenden Zwischenstufen zwischen den verschiedensten Arten der kleinen Gruppe zu Gebote stehen. Meine beiden Reisen nach Norwegen und Dalmatien haben mir hierfür ein ausserordentlich reiches und instructives Material geliefert, in welchem die höchst variablen Individuen der einzelnen Species nach Hunderten und theilweise nach Tausenden zählen, und bezüglich der Formenübergänge und Umwandlungen wirklich das Erstaunlichste zeigen

Was nun das natürliche System der Kalkschwämme selbst betrifft, so musste dasselbe auf ganz neuen Grundlagen aufgerichtet werden. Alle bisherigen Classificationsversuche bei den Kalkschwämmen, insbesondere diejenigen von Bowerbank, Lieberkühn, Oscar Schmidt, Gray, waren künstliche. Ebenso ist der »Prodromus eines Systems der Kalkschwämme«, den ich vor zwei Jahren gegeben habe, ganz künstlich, wie ich selbst schon damals andeutete. Das natürliche System der Kalkschwämme, wie es sich als letztes Gesammtresultat aus meinen dreijährigen Untersuchungen ergiebt, unterscheidet zunächst nach der Bildung des Canalsystems drei Hauptgruppen oder Familien, für welche ich die Bezeichnungen Ascones, Leucones und Sycones beibehalten habe. Diese drei Gruppen habe ich bereits unterschieden in der, dem Prodromus etc. angehängten »Synoptischen Tabelle über die Familien der Kalkschwämme mit vorwiegender Berücksichtigung der Canalisationsverhältnisse« (l. c. p. 253). Die dort gebrauchten Bezeichnungen Microporeuta, Cladoporeuta, Orthoporeuta drücken allerdings die unterscheidenden Charaktere der drei Familien treffend aus, dürften aber bequemer durch die angeführten kürzeren Bezeichnungen ersetzt werden, die sich theilweise an ältere und bereits eingebürgerte Namen anschliessen. [1])

Die erste Familie (Ascones s. Microporeutae) umfasst alle Kalkschwämme, deren Magenwand ganz einfach von unbeständigen Hautporen (Lochcanälen) durchsetzt wird. Sie entspricht im Ganzen den »Grantiae« von Lieberkühn, den »Leucosoleniae« von Bowerbank. Aeltere bekannte Arten sind Grantia (Leucosolenia) botryoides und G. coriacea. Sie stehen nächst den Hydroiden.

Die zweite Familie (Leucones oder Cladoporeutae) begreift alle Kalkschwämme, deren Magenwand ganz unregelmässig von unge-

1) In der »synoptischen Tabelle« etc. habe ich ausser diesen drei Gruppen noch eine vierte unter dem Namen Aporeuta angeführt, welche nur das eine Genus Prosycum umfassen sollte. Wie ich mich jetzt in Dalmatien überzeugt habe, ist Prosycum nur ein vorübergehender Zustand von Olynthus, nämlich ein Olynthus mit geschlossenen Poren. Das Nähere darüber in der Monographie.

Digitized by Google

raden und verästelten Gefässen (Astcanälen) durchzogen wird. Sie entspricht im Ganzen den »Grantiae« von OSKAR SCHMIDT, den »Leuconiae« von BOWERBANK (mit Inbegriff der Leucogypsiae). Aeltere bekannte Arten sind Grantia (Leuconia) nivea und G. solida.

Die dritte Familie (Sycones oder Orthoporeutae) enthält alle Kalkschwämme, deren Magenwand ganz regelmässig von geraden und unverästelten radialen Gefässen (Strahlcanälen) durchbohrt wird. Sie entspricht im Ganzen den »Grantiae« von BOWERBANK, den Sycones von LIEBERKÜHN. Aeltere bekannte Arten sind Grantia (Sycon) ciliata und G. compressa. Sie stehen nächst den Corallen.

Das genealogische Verhältniss dieser drei Familien liegt ganz klar vor Augen. Die Asconen oder Microporeuten, durch einfache Hautporen ausgezeichnet, bilden die Stammgruppe der Kalkschwämme, aus der sich nach zwei verschiedenen Richtungen hin die beiden anderen Gruppen entwickelt haben, einerseits die Leuconen oder Cladoporeuten mit ihren verästelten Canälen, anderseits die Syconen oder Orthoporeuten mit ihren radialen Tuben. Diese beiden divergirenden Gruppen stehen unter sich in keinem näheren Zusammenhang.

Für die Eintheilung der Kalkschwämme in Genera und Species sind bisher von den verschiedenen Autoren in erster Linie theils die Individualitäts-Verhältnisse (l. c. p. 215, 252) theils die Beschaffenheit der Mundöffnung, theils die äussere Körperform benutzt worden. Alle diese Charaktere sind von untergeordneter und secundärer Bedeutung, weil sie in hohem Maasse der Abänderung durch Anpassung unterworfen sind, und zwar in so hohem Maasse, dass nicht allein innerhalb eines Genus, sondern sogar innerhalb einer Species die verschiedensten Extreme und dazwischen die vermittelnden Uebergänge bezüglich jener Charaktere auftreten können. Alle hierauf gegründete Classification ist daher künstlich. Als einzig natürliche Basis der generischen und specifischen Unterscheidung hat sich die Beschaffenheit der mikroskopischen Skelettheile herausgestellt. Die Form und Zusammensetzung dieser Nadeln oder Spicula vererbt sich innerhalb der Species so relativ constant, und bietet zugleich allein so feste, mathematisch bestimmbare Verhältnisse dar, dass sie für die natürliche Classification der Genera und Species von höchster, ja von allein maassgebender Bedeutung ist. Ganz naturgemäss unterscheiden sich die Genera nach den Hauptformen der Nadeln und ihrer Combinationsweise, während die Species durch untergeordnete Gestaltdifferenzen der einzelnen Hauptformen bestimmt werden.

Es giebt bei den Kalkschwämmen nur drei verschiedene Hauptformen von Spicula, nämlich 1) einfache Nadeln oder Stabnadeln;

2) dreischenkelige Nadeln oder Dreistrahler; 3) vierschenkelige Nadeln oder Vierstrahler. [1]) Jede dieser drei Grundformen bildet entweder für sich allein das Skelet der Gattung, oder in Combination mit einer oder mit beiden anderen Grundformen. Demnach sind im Ganzen sieben verschiedene Skeletformen mathematisch möglich, und alle sieben sind zugleich in der Natur verwirklicht: 1. Skelet bloss aus Stabnadeln gebildet. 2. Skelet bloss aus Dreistrahlern gebildet. 3. Skelet bloss aus Vierstrahlern gebildet. 4. Skelet aus Stabnadeln und Dreistrahlern zusammengesetzt. 5. Skelet aus Stabnadeln und Vierstrahlern zusammengesetzt. 6. Skelet aus Dreistrahlern und Vierstrahlern zusammengesetzt. 7. Skelet aus Stabnadeln, Dreistrahlern und Vierstrahlern zusammengesetzt.

Da nun diese sieben möglichen Fälle der Skelet-Construction in jeder der drei Familien der Kalkschwämme wirklich vorkommen, so ergeben sich im Ganzen für das natürliche System dieser Thiere einundzwanzig Gattungen, welche durch die nachstehende Tabelle übersichtlich werden. Diese 21 Genera entsprechen in keinem einzigen Falle vollständig den früher unterschiedenen Kalkschwammgattungen, welche nach gänzlich verschiedenen Principien aufgestellt wurden. Da diese letzteren einen wesentlich verschiedenen Inhalt und Umfang bezeichnen, so war es unumgänglich nothwendig, für die neuen Gattungsbegriffe des natürlichen Systems neue Bezeichnungen aufzustellen. Ich habe diese Bezeichnungen, indem ich den drei Namenwurzeln der drei Familien correspondirende Gattungsendigungen anhängte, so gewählt, dass sie möglichst leicht im Gedächtniss zu behalten sind und übersichtlich die Analogien der drei Gruppen darstellen. Die ausführliche Begründung dieses natürlichen Systems wird meine Monographie der Kalkschwämme geben.

---

1) In dem Aufsatz »Ueber den Organismus der Schwämme« etc. habe ich ausser diesen drei Grundformen noch eine vierte angeführt, nämlich zweischenkelige (gabelförmige oder hackenförmige) Nadeln (p. 229). Diese bilden jedoch, wie ich mich jetzt überzeugt habe, nur eine untergeordnete Modification der einfachen (cylindrischen oder spindelförmigen) Nadeln.

Synopsis der Genera
in den drei natürlichen Familien der Kalkschwämme.

Skelet-Structur	Grantien mit Loch-Canälen Ascones	Grantien mit Ast-Canälen Leucones	Grantien mit Strahl-Canälen Sycones
Spicula alle einfach	Ascyssa	Leucyssa	Sycyssa
Spicula alle dreistrahlig	Ascetta	Leucetta	Sycetta
Spicula alle vierstrahlig	Ascilla	Leucilla	Sycilla
Spicula theils einfach, theils dreistrahlig.	Ascortis	Leucortis	Sycortis
Spicula theils einfach, theils vierstrahlig	Asculmis	Leuculmis	Syculmis
Spicula theils dreistrahlig, theils vierstrahlig	Ascaltis	Leucaltis	Sycaltis
Spicula theils einfach, theils dreistrahlig, theils vierstrahlig.	Ascandra	Leucandra	Sycandra

Kleine Mittheilung.

An die Redaktion der Jenaischen Zeitschrift für Medizin und Naturwissenschaften.

Herr A. Kölliker hat in einem Brief vom 25. April d. J., welchen ich anliegend zurücksende, Reklamation wegen des Ausdrucks Erfindung erhoben, welchen ich gegen ihn gebraucht habe.

Ich habe auf seine Reklamation Folgendes zu erwidern.

Der Ausdruck Erfindung wird bei amtlichen und halbamtlichen Berichtigungen häufig und zwar dann gebraucht, wenn es sich darum handelt, nicht nur die thatsächliche Grundlosigkeit einer Angabe zu konstatiren, sondern dem Autor zugleich bemerklich zu machen, dass eine Information über den wahren Sachverhalt für ihn verhältnissmässig leicht gewesen wäre.

Wird der Ausdruck für sich, ohne beigesetztes Adjektiv wie geflissentlich oder absichtlich, gebraucht, so wird vorausgesetzt, dass der betreffende Autor aus Mangel an Vorsicht, nicht aber aus einer besonderen Absicht die unbegründete Angabe gemacht habe.

In diesem Sinne und in dieser Voraussetzung habe ich die Angaben des Herrn Kölliker über das Verhalten der Schilddrüse beim Rind und dem Menschen in einer sehr frühen Entwicklungsperiode als eine Erfindung bezeichnet, weil ich es für geboten hielt, gegenüber den Herren Arnold und Rathke, welche mit den unvollkommenen Hülfsmitteln einer früheren Zeit das, was möglich war, geleistet haben, Herrn Kölliker es zu markiren, dass seine Hülfsmittel und die Fortschritte in den Methoden ihm die Information über den wahren Thatbestand verhältnissmässig leicht gemacht hätten.

Ich glaube, dass diese Erklärung geeignet ist, die Reklamation des Herrn Kölliker zu erledigen. Zu einer Zurücknahme des betreffenden Satzes sehe ich mich nicht veranlasst.

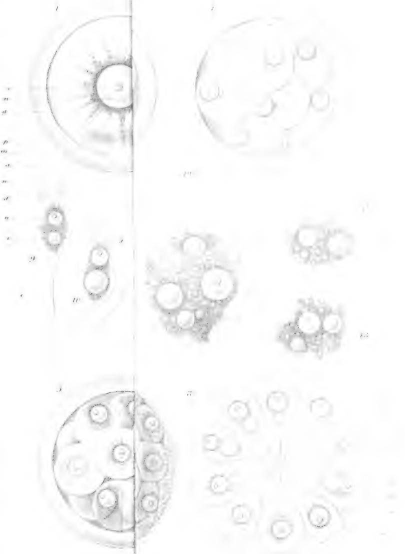
Ich richte an die Redaktion der Jenaischen Zeitschrift die Bitte, diese Erklärung, von welcher ich eine gleichlautende Abschrift zu den Akten beilege, zur Kenntniss des Herrn A. Kölliker zu bringen und denselben zugleich zu benachrichtigen, dass ich gegen eine Veröffentlichung seines Briefes und meiner Erklärung im nächsten Heft der Jenaischen Zeitschrift, falls er dieselbe verlangt, Nichts einzuwenden habe.

Jena, 6. Mai 1871.

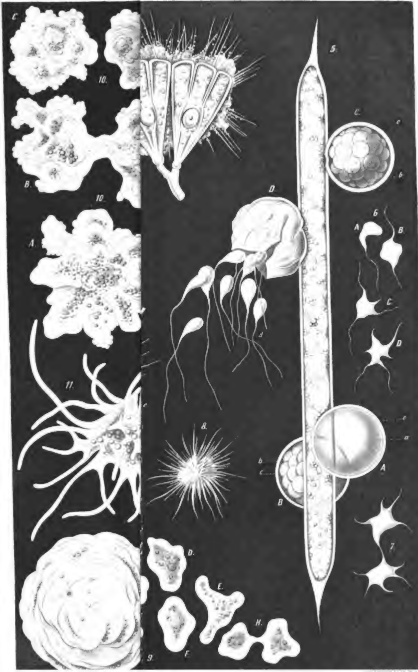
W. Müller.

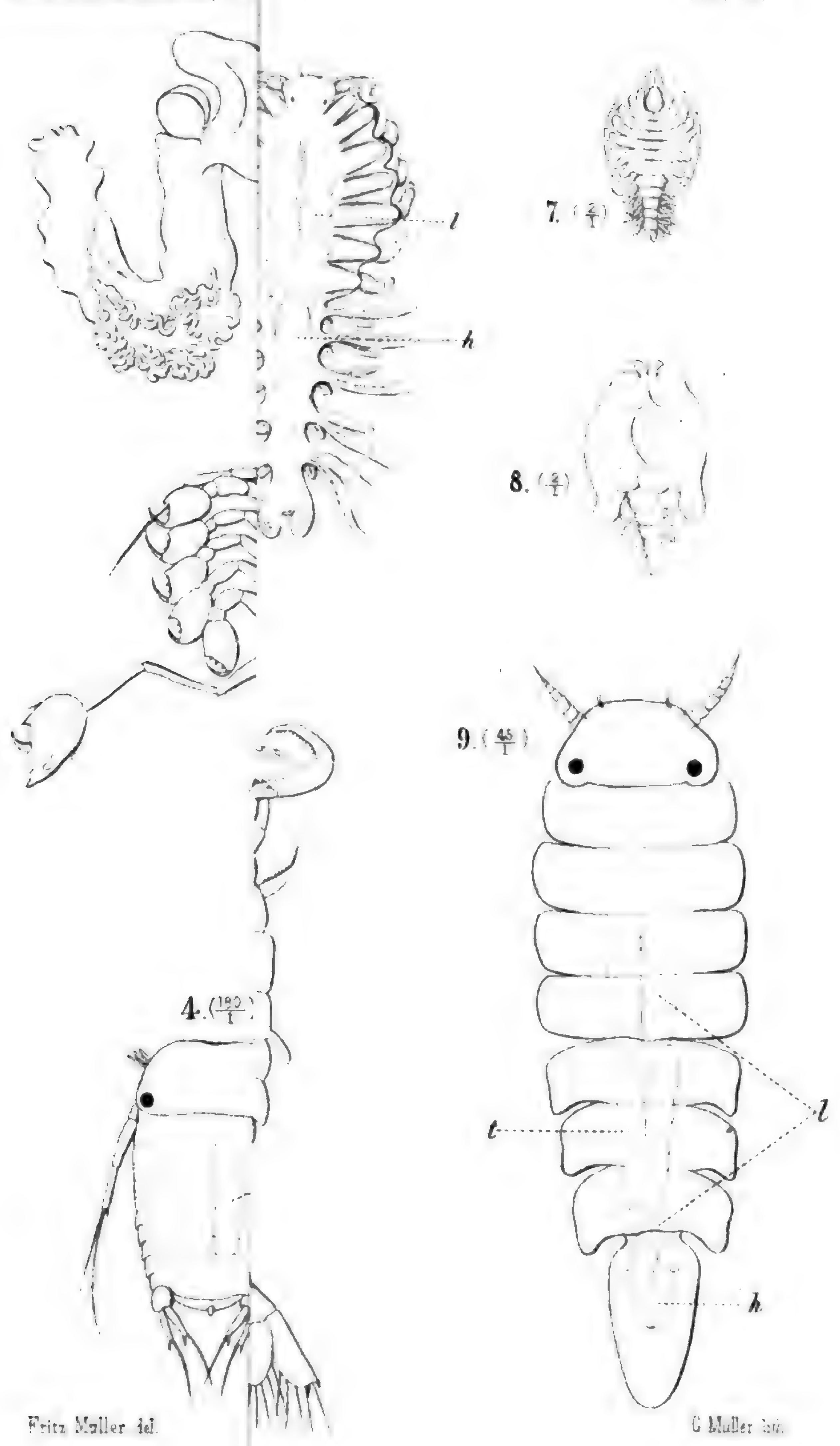
Druck von Breitkopf und Härtel in Leipzig.

Digitized by Google



Digitized by Google


C
10.
B.
10.
A.
11.
9.
5.
C.
D.
6
A
B
C
D
8.
d
b
c
B
A
a
7.
D.
E.
F.
H.



Fritz Müller del. G. Müller lith.

20. ($\frac{180}{1}$)

a

b

c

18. ($\frac{45}{1}$)

ch

($\frac{3}{1}$)

a

b

14.

c

k

($\frac{25}{1}$)

m

p

m

B

L

Fritz Müller del.

G. Müller lith.

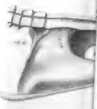


Fig. IV.

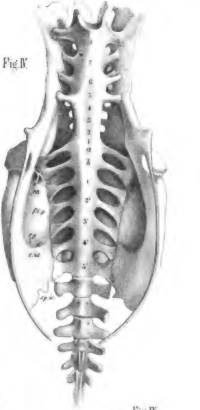


Fig. VIII

Fig. IX.

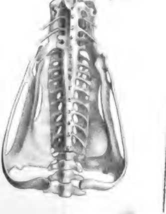


Fig XVI

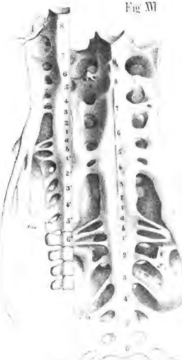
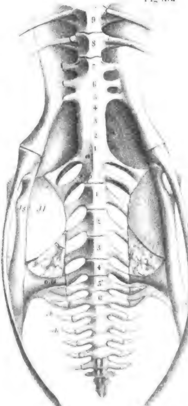


Fig XVIII.

Fig XVII



Fig

Fig XXI

Digitized by Google

Fig. XXIII. Fig. XXVI.

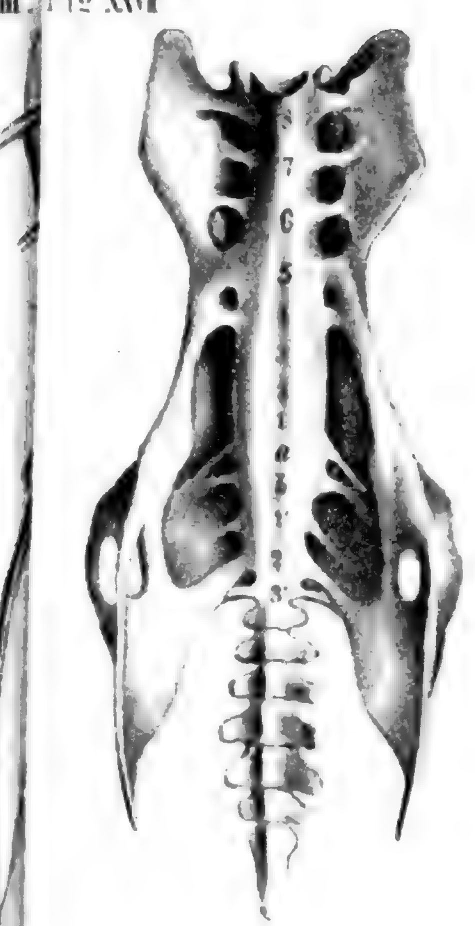


Fig. XXVIII.

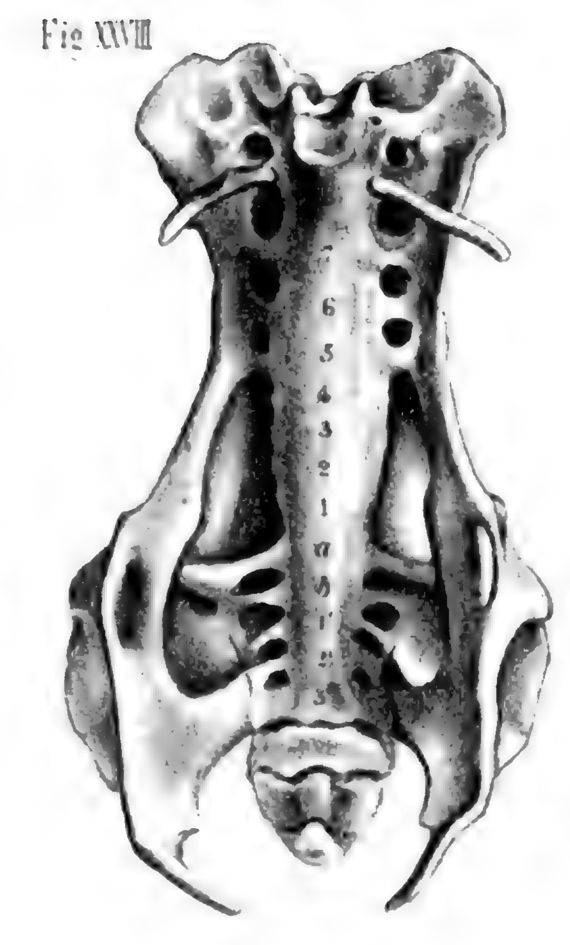


Fig. XXIX.

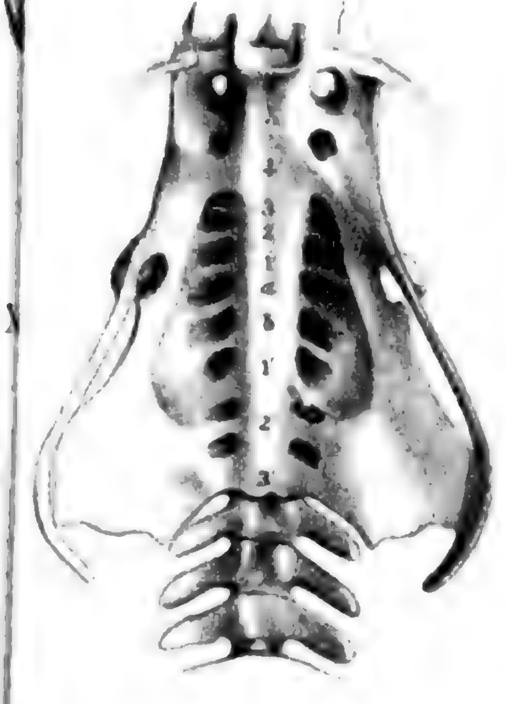


Fig. XXX.

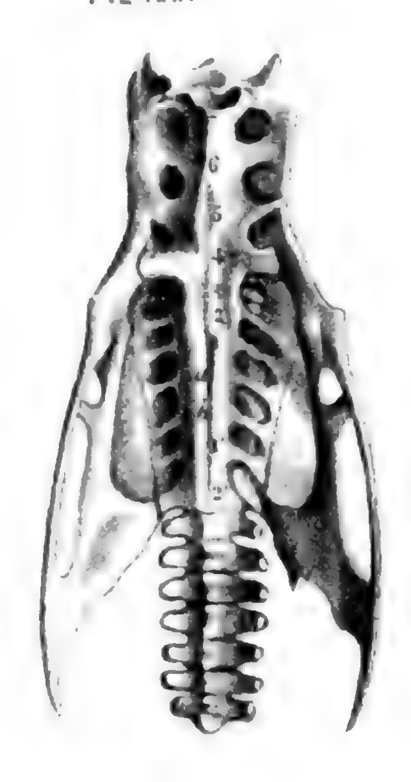


Fig. X

Digitized by Google

1 10 2 27 26 4 21 11 24 23 25 13

Digitized by Google

Fig. 1.
$\frac{30}{1}$

Fig. 4.
$\frac{30}{1}$

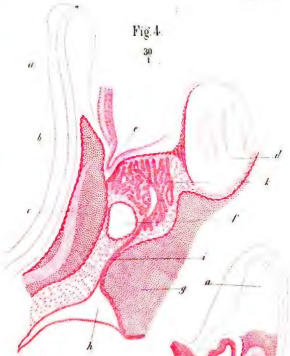
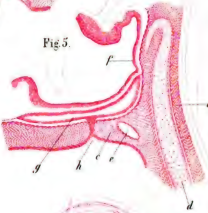


Fig. 5.
$\frac{30}{1}$



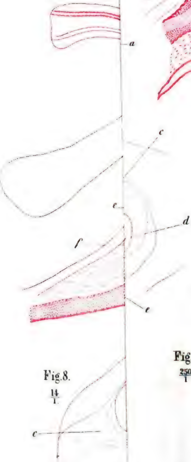
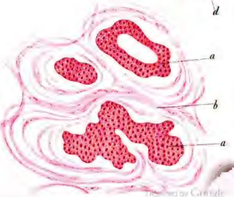


Fig. 8.
$\frac{14}{1}$

Fig. 11.
$\frac{250}{1}$



Digitized by Google

Fig. 1.
35/1

a
b
c
c
d
a

Fig. 9.
250/1

c
a
b

Fig. 5.
22/1

a
b
c
d
e

Fig. 2
22/1

a
c

Fig. 3.
22/1

f
a
b
d

d
a
e
b

Fig. 8.
30/1

Digitized by Google

Fig. 5. $\frac{30}{1}$

Fig. 7. $\frac{250}{1}$

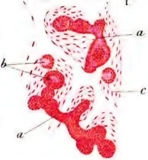


Fig. 10. $\frac{250}{1}$

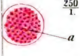
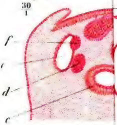


Fig. 4. $\frac{30}{1}$



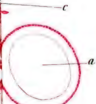


Fig. 9. $\frac{250}{1}$

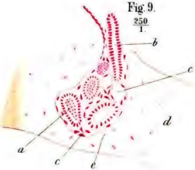
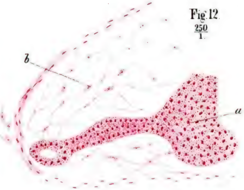


Fig. 11. $\frac{250}{1}$

Fig. 12. $\frac{250}{1}$



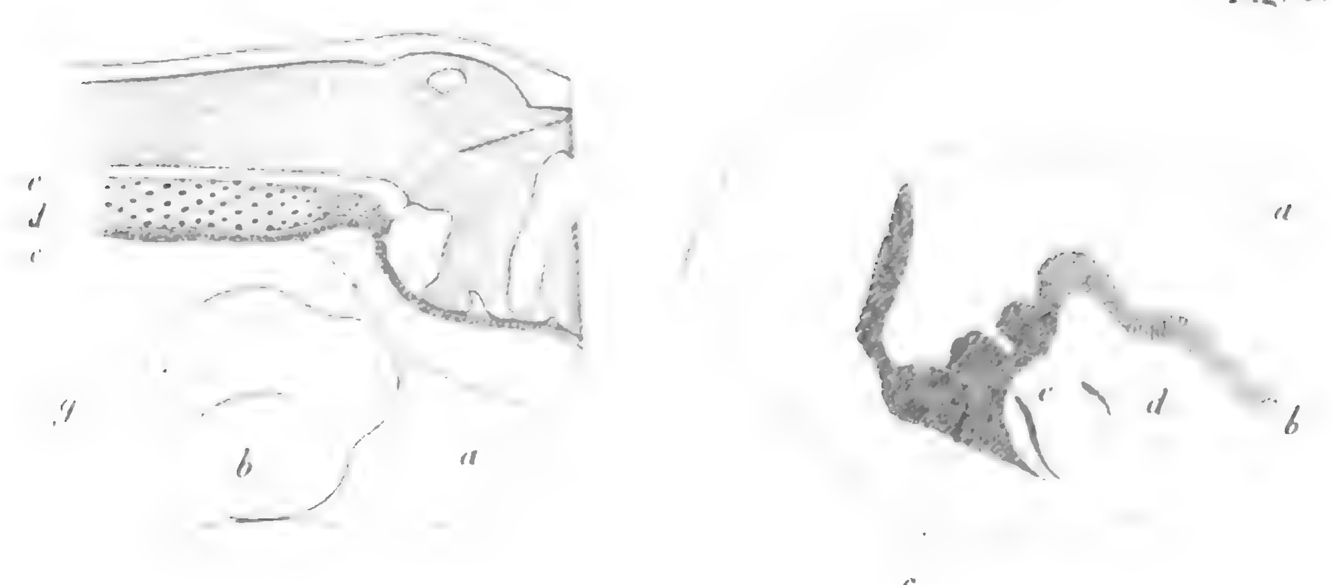


Fig. 4.
c
d
e
g
b
a
a
c
d
b
e

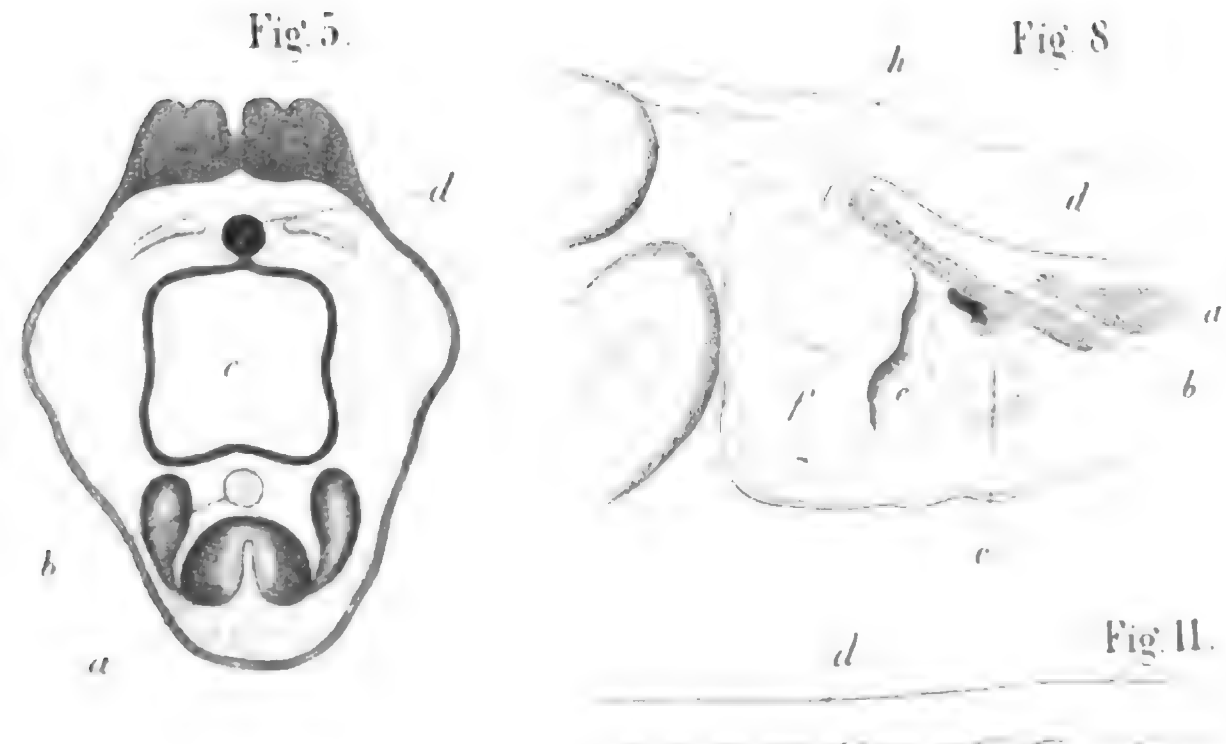


Fig. 5.
d
c
b
a
Fig. 8
h
d
a
b
f
c
e

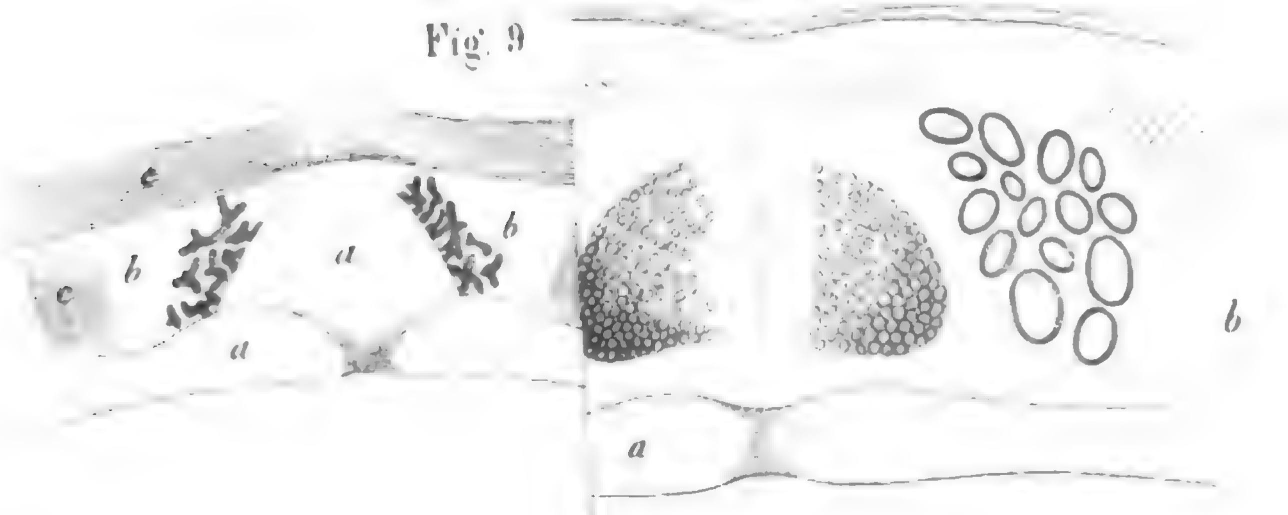
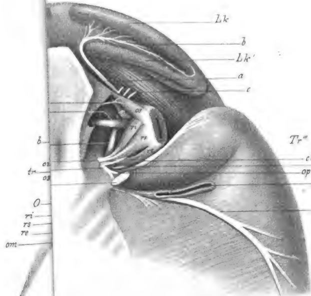


Fig. 11.
d
Fig. 9
e
b
a
b
c
a
c
b
a



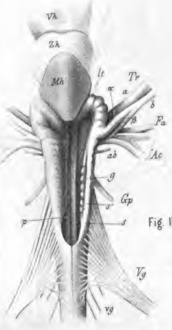


Fig. III.

Digitized by Google

Digitized by Google

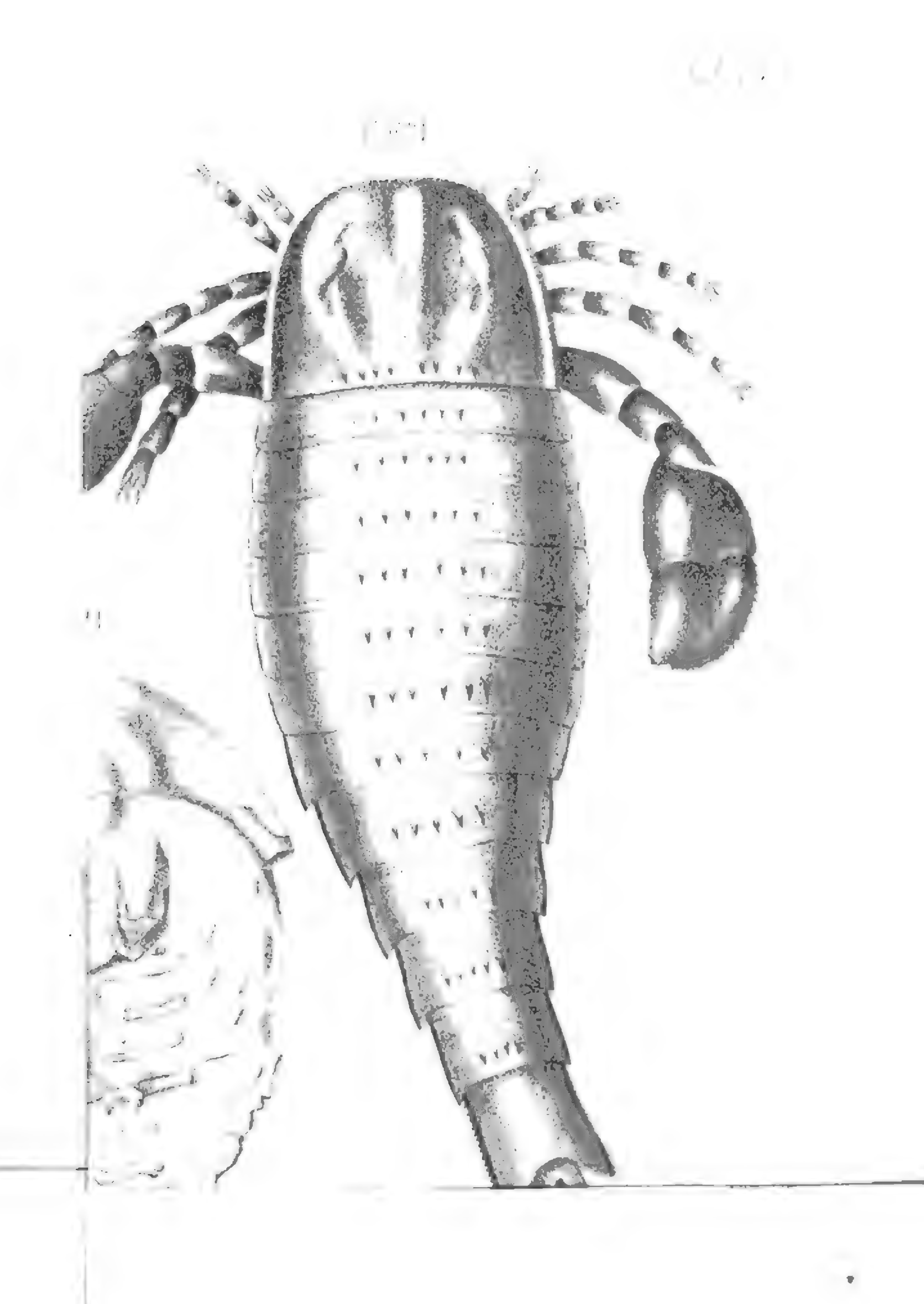


Fig. 7.

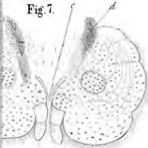


Fig. 8.

Fig. 9.

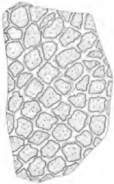
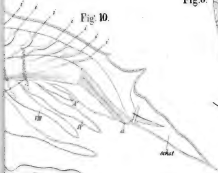


Fig. 10.



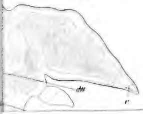
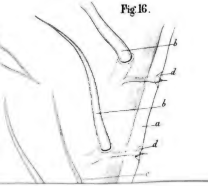


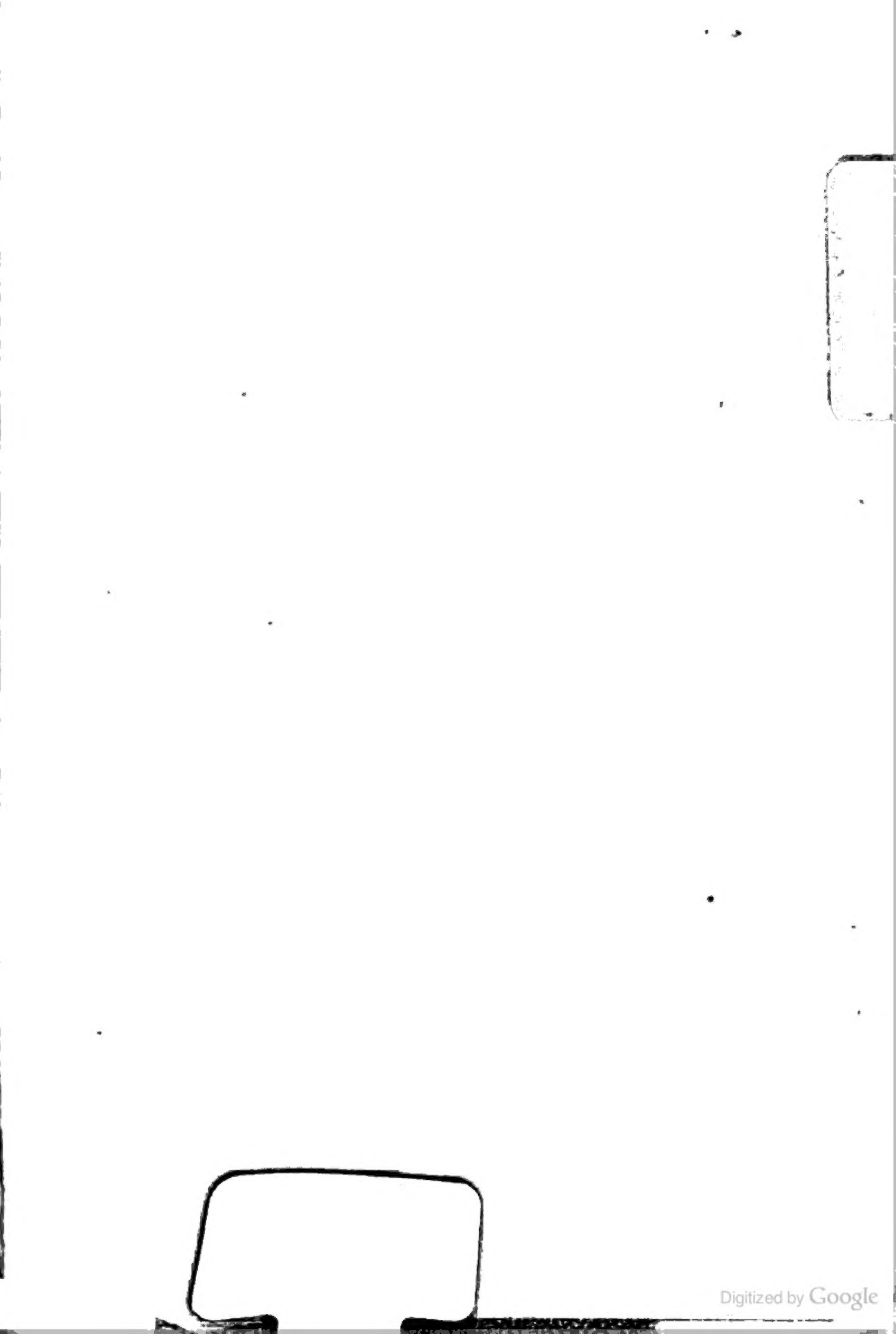
Fig. 16.



Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google



Digitized by Google

Digitized by Google